차 례

제2편. 화학방정식

제3편. 화학발명, 발견자료

제4편. 여러가지 표

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《현시대는 과학과 기술의 시대이며 과학과 기술이 류례없이 빠른 속도로 발전하는것은 현대과학기술발전의 중요한 특징입니다.》

과학기술이 끊임없이 발전하는 현시대의 요구에 맞게 학생들을 다방면적인 지식과 높은 응용능력을 소유한 유능한 인재들로 키우기 위하여서는 학생들에게 여러가지 학습참고서와 과외도서들을 많이 잘 만들어주어야 한다.

이 책은 학생들이 화학을 학습하는데 도움을 주고 편리를 도모하도록 하기 위하여 크게 4개의 편으로 나누어 집필편집하였다.

제1편에서는 화학의 기초개념과 법칙, 물질의 구조 그리고 용액, 화학반응과 전지, 물질의 분류 등 화학의 기초지식을 체계화하여주고 제2편에서는 화학방정식을 무기물질, 유기물질부분으로 갈라서 주었으며 제3편에서는 화학발전에 기여한 과학자들과 화학원소이름의 유래, 발명, 발견년대를 표로 주었으며 제4편에서는 학생들의 화학학습에 도움이 될수 있는 자료들로 여러가지 표를 만들어주었다.

우리의 모든 청소년학생들은 학습은 학생들의 첫째가는 혁명임무라고 하신 경애하는 장군님의 말씀을 높이 받들고 열심히 배우고 배우고 또 배워 나라의 훌륭한 역군으로 더 잘 준비해나가야 한다.

제1편. 화학의 기초지식

제1장. 화학의 기초개념

1. 화학원소

원자번호(양성자수)에 의하여 서로 구별되는 원자들의 종류를 **화학원소**라고 부른다.

례: 원자번호가 8인 원자들의 종류: 산소원소

원자번호가 11인 원자들의 종류: 나트리움원소

— 물질을 구성하고있는 알갱이인 원자들은 종류마다 크기와 질량이 서로 다르고 성질에서도 차이가 있다. 이와 같이 서로 다른 원자들의 매 종류가 화학원소이다.

— 지금까지 알려진 화학원소의 수는 110여가지이다.

— 화학원소는 물질을 이루고있는 《화학적재료》일뿐 구체적물질은 아니다.

화학원소에 대하여서는 모임상태나 색갈, 녹음점, 끓음점 등 물리성질을 말할수 없다.

례하면 물(H_2O)은 수소원소와 산소원소로 이루어져있다고 말하며 수소기체와 산소기체라는 구체적물질로 이루어져있다고 말하지는 않는다.

— 화학원소의 성질에는 전기적양성과 전기적음성, 산화수 그리고 원자가가 있다.

— 화학원소를 크게 양성원소와 음성원소로 나눈다.

원자번호

원자핵에 들어있는 양성자의 수 또는 핵전하수를 **원자번호**라고 부르며 기호 Z로 표시한다.

례: 산소원자의 핵전하수가 8+이므로 Z=8이다.

염소원자의 핵전하수가 17+이므로 Z=17이다.

원자번호에 의하여 원자들이 서로 구별된다.

— 원자번호가 같으면 질량수가 달라도 한가지 화학원소이다.

— 원자번호는 핵둘레에서 운동하는 전자의 수와도 같다.

원소기호

화학원소를 나타내는 기호를 **원소기호**라고 부른다.

례: 수소원소 H　　철원소 Fe
산소원소 O　　동원소 Cu
류황원소 S　　연원소 Pb

— 원소기호는 여러가지 의미를 담고있다.

· 무슨 원소인가를 나타낸다.
· 주어진 원소의 원자 1개를 나타낸다.
· 원자량(원자의 상대질량)을 알수 있다.

례: 원소기호 O는

· 산소원소라는것
· 산소원소의 원자 1개라는것
· 원자량이 16이라는것을 나타낸다.

전기적양성

원소의 원자가 전자를 내주고 양이온으로 되는 성질을 **전기적양성**이라고 부른다.

원자구조에서 최외전자수가 3이하인 원소들은 전기적양성이 세다.

전기적음성

원소의 원자가 전자를 받아서 음이온으로 되는 성질을 **전기적음성**이라고 부른다.

원자구조에서 최외전자수가 4~7인 원소들은 전기적음

성이 세다.

모든 화학원소들이 전기적양성과 전기적음성을 다 가지는데 그가운데서 어느 하나가 더 세다.

2. 양성원소

원소의 원자가 전자를 내주고 양이온으로 되는 원소 즉 전기적양성을 나타내는 원소를 **양성원소**라고 부른다.

례: Na, K, Ca, Mg …

— 양성원소들은 단순물인 금속을 이루는 원소이므로 금속원소라고도 부른다.

— 전기적음성도값이 1.8보다 작은 원소들이 양성원소이다.

— 양성원소들은 원소주기표의 왼쪽 부분에 놓여있다.

양성원소의 성질

— 양성원소들은 전기적음성보다 전기적양성이 세며 따라서 전기음성도값이 작다.

— 양성원소들은 +1～+3의 산화수를 가진다.

례:

양성원소	Li	Na	K	Mg	Ca	Al
전기음성도	1.0	0.9	0.8	1.2	1.0	1.5
산화수	+1	+1	+1	+2	+2	+3
최외전자층의 구조	*L*—1	*M*—1	*N*—1	*M*—2	*N*—2	*M*—3

양성원소의 화합물

양성원소의 원자들은 이온결합으로 여러가지 화합물을 만든다.

— 양성원소들은 보통 염기성산화물을 만든다.

— 양성원소들은 보통 수산화물인 염기를 만든다.

— 양성원소들은 보통 여러가지 산의 염을 만든다.(염산염, 류산염, 질산염 등)

3. 음성원소

원소의 원자가 전자를 받아 음이온으로 되는 원소 즉 전기적음성을 나타내는 원소를 **음성원소**라고 부른다.

례: F, O, Cl, S, …

— 음성원소들은 단순물인 비금속을 이루는 원소이므로 비금속원소라고도 부른다.

— 전기음성도값이 2.1보다 큰 원소들이 음성원소이다.

— 음성원소들은 원소주기표의 수소(H)와 붕소(B)로부터 아스타틴(At)을 련결한 대각선의 오른쪽 3각형에 놓여있다.

음성원소의 성질

— 음성원소들은 전기적양성보다 전기적음성이 세며 따라서 전기음성도값이 크다.

— 음성원소들은 -1~-4의 –산화수와 그밖에 여러가지 +산화수를 가진다.

례:

음성원소	F	Cl	O	S	N	P	C
전기음성도	4.0	3.0	3.5	2.5	3.0	2.1	2.5
산화수	−1	−1 (+7)	−2 (+6)	−2 (+6)	−3 (+5)	−3 (+5)	−4 (+4)
최외전자층의 구조	*L*—7	*M*—7	*L*—6	*M*—6	*L*—5	*M*—5	*L*—4

음성원소의 화합물

음성원소의 원자들은 공유결합으로 여러가지 화합물을 만든다.

— 음성원소들은 보통 산성산화물을 만든다.

— 음성원소들은 보통 수산화물인 산소산이나 수소산을 만든다.

— 음성원소들은 보통 탄화수소를 비롯한 여러가지 유기화합물을 만든다.

4. 전기음성도

화학원소의 원자가 전자를 끌어당기는 힘의 크기를 비교하는 수를 원소의 **전기음성도**라고 부른다.

례:

H 2.1						
Li 1.0	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
Na 0.9	Mg 1.2	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
K 0.8	Ca 1.0					Br 2.8
Cs 0.7	Ba 0.9					I 2.5

— 전기음성도는 화학결합을 할 때 원소의 원자가 전자를 끌어당기는 힘의 크기를 나타낸다.

— 전기음성도는 원소주기표의 오른쪽원소(드문기체는 제외)일수록 그리고 우에 있는 원소일수록 크다. 불소의 전기음성도가 가장 큰데 그 값은 4.0이다.

반대로 전기음성도가 가장 작은 원소는 원소주기표의 왼쪽 아래에 놓이는데 전기음성도가 0.7인 Cs이다.

— 전기음성도에 기초한 화학원소의 나누기

화학원소
- 양성원소 (전기음성도 1.8이하)
- 음성원소 (전기음성도 2.1이상)

전기음성도의 리용

화학결합을 하고있는 두 원소의 전기음성도차가 큰가 작은가에 따라 화학결합의 형태, 결합의 극성이 결정된다.

— 화학결합을 하고있는 두 원소의 전기음성도차가 크며 그 차가 2.0이상일 때에는 이온결합이다.

— 화학결합을 하고있는 두 원소의 전기음성도차가 없거나 2.0보다 작을 때에는 공유결합이다.

두 원소의 전기음성도차가 클수록 공유결합의 극성은 커진다.

례:

물질의 이름	화학식	두 원소의 전기음성도차	화학결합
산소	O_2	0	무극성공유결합
염소	Cl_2	0	
염화수소	HCl	0.9	극성공유결합
물	H_2O	1.4	
암모니아	NH_3	0.9	
염화나트리움	NaCl	2.1	이온결합
산화칼시움	CaO	2.5	
브롬화칼리움	KBr	2.0	

5. 산화수

물질을 이루고있는 원소의 원자들사이에서 전기음성도차에 의하여 공유전자쌍이 한쪽으로 완전히 쏠렸다고 생각할 때 원소의 원자가 주고받은 전자수를 **산화수**라고 부른다.

— 원소의 산화수는 원소기호우에 내주었거나(+) 받아들인(−) 전자의 수를 적어 나타낸다.

례: $\overset{+1}{H}-\overset{-1}{Cl}$, $\overset{+1}{H}-\overset{-2}{O}-\overset{+1}{H}$, $\overset{0}{H}-\overset{0}{H}$

— 화학결합을 하고있는 원자들가운데서 원소의 전기음성도가 작은것이 언제나 전자를 내주고 산화되며 전기음성도가 큰것이 전자를 받고 환원된다.

— 화합물을 이루고있는 모든 원소의 산화수의 대수적 합은 0이다.

례: H_2O … $(+1)\times2+(-2)=0$

H_2SO_4 … $(+1)\times2+6+(-2)\times4=0$

산화수의 결정

— 모든 단순물에서 원소의 산화수는 0이다.

— 단원자이온인 경우 그 이온의 이온가가 그대로 산화수로 된다.

— 모든 화합물들에 들어있는 1족원소들의 산화수는 +1, 2족원소들의 산화수는 +2이며 산소의 산화수는 -2이다.

례: 1족원소 $\overset{+1}{K}_2O$, $\overset{+1}{Na}_2SO_4$, $\overset{+1}{Li}NO_3$, $\overset{+1}{H}_2O$

2족원소 $\overset{+2}{Ca}O$, $\overset{+2}{Mg}SO_4$, $\overset{+2}{Ba}Cl_2$

산소원소 $P_2\overset{-2}{O}_5$, $Si\overset{-2}{O}_2$, $Na\overset{-2}{O}H$

※ 금속수소화합물 MH_x에서 수소의 산화수는 -1, 파산화물에서 산소의 산화수는 -1이다.

— 화합물에 들어있는 모든 원소의 원자들의 산화수총합이 0(령)이라는데 기초하여 원소의 산화수를 알아볼수 있다.

례: H_2SO_4에서 S의 산화수

$\overset{+1}{H}_2\overset{x}{S}\overset{-2}{O}_4$ $(+1)\times2+x\times1+(-2)\times4=0$

$x=+8-2=+6$

$$\therefore \quad \overset{+1}{H_2}\overset{+6}{S}\overset{-2}{O_4}$$

— 원자구조에서 최외전자수를 보고 그 원소가 가질수 있는 최대산화수와 최소산화수를 알수 있다.(전형원소인 경우)

일반적으로 양성원소는 최외전자수와 같은 크기의 최대산화수를 가진다.

례: Ca의 전자배치: K—2, L—8, M—8, N—2

최외전자수가 2이며 최대산화수는 +2

일반적으로 음성원소는 최외전자수와 같은 크기의 최대산화수를 가지며 8에서 최외전자수를 던것과 같은 크기의 최소산화수를 가진다.

례: S의 전자배치: K—2, L—8, M—6

최외전자수가 6이므로 산화수는 최대 +6, 최소 -2이다.

6. 멘델레예브원소주기표

서로 비슷한 성질을 가진 원소들이 아래우에 놓이도록 화학원소들을 원자번호차례로 늘여놓은 표를 **멘델레예브원소주기표**라고 부른다.

— 멘델레예브원소주기표는 원소의 주기법칙을 반영하고있다.

— 원소주기표는 7개의 주기와 18개의 족으로 되여있다.

— 원소주기표에서 가로줄을 **주기**라고 부른다.

주기는 원소들을 원자번호차례로 놓았을 때 성질이 규칙적으로 변해가는 한돌기의 원소무리이다.

— 원소주기표에서 세로줄을 **족**이라고 부른다.

족은 매우 비슷한 성질을 가진 원소들의 무리이다.

원소주기표와 원소들의 원자구조(전자배치)사이의 관계

— 원소주기표에서 원자번호(Z)는 원자안에 있는 전자들의 총수와 같다.

— 원자에서 전자층의 수는 주기번호와 같다.

례: $_{12}Mg$　$\underbrace{K\text{-}2,\ L\text{-}8,\ M\text{-}2}_{\text{전자층수 3개, 3주기원소}}$

— 최외전자층의 전자수가 3이상이면 10을 더하여 족번호를 나타낸다.

례: $_{5}B$: K-2, L-3

2주기, 족번호: 3+10=13

— 최외전자층의 전자수가 1 또는 2인 경우 아낙전자층의 전자수에 의하여 족번호를 나타낸다.

아낙전자층의 전자수가 18이고 최외전자층의 전자수가 1이면 11족, 최외전자층의 전자수가 2이면 12족으로 나타낸다.

례: $_{29}Cu$: K-2, L-8, M-18, N-1

4주기 11족

아낙전자층의 전자수가 2 또는 8이고 최외전자층의 전자수가 1이면 1족, 최외전자층의 전자수가 2이면 2족으로 나타낸다.

례: $_{3}Li$: K-2, L-8　2주기 1족

$_{20}Ca$: K-2, L-8, M-8, N-2　4주기 2족

멘델레예브원소주기표와 원소의 성질사이의 관계

— 같은 주기안에서 원소의 전기적양성은 원자번호가 커감에 따라 점점 약해지고 반대로 전기적음성은 점점 세진다.

— 같은 주기안에서 원소들의 산화수도 원자번호가 커지는 차례로 규칙적으로 변하며 원소주기표에서 그 변화가 되풀이된다.

— 같은 족안에서 원소의 전기적양성은 원자번호가 커감에 따라 점점 세지고 전기적음성은 점점 약해진다. 그것은 원자번호가 클수록 전자층이 많아지며 최외전자층의 전자에 대한 핵의 끌힘이 약해지기때문이다.

원소주기표와 원소의 성질사이의 관계를 리용하면 원소주기표에 기초하여 임의의 전형원소(*s*원소와 *p*원소)의 성질을 대략적으로 알아낼수 있다.

7. 화학식

물질을 원소기호로 나타낸것을 **화학식**이라고 부른다.

례: 철 Fe, 산소 O_2, 물 H_2O, 소금 NaCl

— 원자로 이루어진 고체단순물의 화학식은 원소기호 그대로 쓴다.

— 화학식은 물질을 원소기호와 수자로 나타낸다.

— 화학식의 종류에는 분자식, 조성식, 시성식, 구조식, 이온식, 점전자식 등이 있다. 그가운데서 제일 많이 쓰이는것은 분자식과 조성식이다.

분자식

분자로 이루어진 물질의 화학식이다.

즉 분자를 구성하고있는 원자의 종류와 원자개수를 나타낸 화학식을 **분자식**이라고 부른다.

례: 산소 O_2, 물 H_2O, 에탄 C_2H_6

— 분자로 이루어진 단순물과 화합물들의 화학식은 분자식으로 쓴다. 분자식을 쓸 때에는 원소기호(문자)의 크기와 위치, 밑수의 위치를 옳게 써야 한다.

조성식

물질을 이루고있는 원소들의 원자개수의 비로 나타낸 화학식을 **조성식**이라고 부른다.

조성식은 원자나 이온으로 구성된 물질의 화학식을 나타낼 때 쓴다.

례: 철 Fe, 염화나트리움 NaCl

— 철은 수많은 철원자들로 구성된 물질이므로 Fe_n라고 써야겠지만 간단히 Fe로 쓰며 염화나트리움은 수많은 Na^+과 Cl^-으로 이루어진 물질이므로 Na_nCl_n이라고 써야겠지만 $Na^+:Cl^-=1:1$이므로 간단히 NaCl로 쓴다.

— 조성식에서 밑수는 가장 간단히 나타낸 원자개수의 비이다.

례: 산화칼리움결정에서

$K:O=2n:n=2:1$

따라서 조성식은 K_2O

— 원자로 구성된 단순물의 조성식은 원소기호와 같이 표시된다.

례: 철의 조성식 Fe

철원소의 원소기호 Fe

시성식

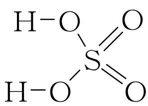
물질의 분자에 있는 원자단을 따로 나타낸 화학식을 **시성식**이라고 부른다.

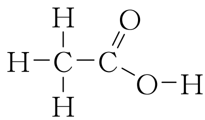
례: 에틸알콜 — 분자식 C_2H_6O
　　　　　　 — 시성식 $C_2H_5{-}OH$

구조식

분자안에서 원소의 원자들이 어떻게 결합되여있는가를 나타낸 화학식을 **구조식**이라고 부른다.

례: 류산 H_2SO_4,　　　초산 $C_2H_4O_2$





이온식

이온을 나타낸 화학식을 **이온식**이라고 부른다.

례: 수소이온 H^+ 또는 H_3O^+

류산이온 SO_4^{2-}

점전자식

분자를 구성하고있는 원자들사이의 결합을 점전자기호로 나타낸 화학식을 **점전자식**이라고 부른다.

례: 염소 Cl:Cl

질소 N⋮⋮N

이산화탄소 O::C::O

화학식의 의미

— 무슨 물질인가를 나타낸다.

— 물질을 이루고있는 원소와 그 원소들의 원자수비를 나타낸다.

— 화학식량을 나타낸다.

례: NaCl

· 염화나트리움(소금)이라는 물질을 나타내며

· 소금이 나트리움원소와 염소원소로 이루어져있고 두 원자의 비가 1:1이라는것,

· 소금의 화학식량이 58.5라는것을 나타낸다.

화학식을 세우는 방법

화학식을 세운다는것은 원소들의 원자수비 즉 밑수를 구한다는것이다.

— 원소들의 산화수를 알고 화학식세우기

· 두가지 원소로 이루어진 화합물의 화학식은 두 원소의 산화수합이 0이라는데 기초하여 세운다.

례: 산화알루미니움의 화학식

$$\overset{+3}{\text{Al}}\quad\overset{-2}{\text{O}}$$

$$(+3)\times\boxed{\text{Al의 원자수}}+(-2)\times\boxed{\text{O의 원자수}}=0$$

$$(+3)\times\boxed{2}+(-2)\times\boxed{3}=0$$

따라서 화학식은 Al_2O_3

· 원자단이 들어있는 화합물(산소산, 염기, 염)의 화학식을 세우려면 원소들의 산화수와 함께 화합물에 들어있는 원자단이 무엇인가를 알아야 한다.

먼저 원자단의 산화수합을 구한 다음 그것이 결합된 원소의 산화수와 같아지도록 밑수를 구한다.

례: 류산알루미니움의 화학식

$\overset{+3}{Al}$ $\overset{+6\ -2}{SO_4}$

$(+3)\times\boxed{\text{Al의 원자수}} + [(+6)+(-2)\times 4]\times\boxed{\text{류산기수}} = 0$

$(+3)\times\boxed{2} + (-2)\times\boxed{3} = 0$

따라서 $Al_2(SO_4)_3$

— 실험으로 조성원소들의 질량몫과 분자량을 알아낸데 기초하여 화학식세우기

실험자료에 기초하여 밑수를 구한다.

례: 에탄의 화학식

· 실험자료 … 질량몫 C 80%

H 20%

분자량 30

· 원소들의 원자수의 비 즉 조성식을 구한다.

$$C:H=\frac{80}{12}:\frac{20}{1}=6.7:20=1:3$$

따라서 조성식은 CH_3

· 조성식의 화학식량과 분자량을 비교한다.

CH_3의 화학식량 : 15

$$\frac{30}{15}=2\ (\text{배})$$

따라서 화학식은 C_2H_6

· 과학자는 모험가가 되지 않으면 안된다.

· 자기를 위하여 남을 희생시킬 권리는 아무에게도 없다.

(마리 큐리)

8. 원자량(Ar)

탄소원자의 질량을 12로 정하고 이것으로 다른 모든 원자의 질량을 비교한 수를 **원자량**이라고 부른다.

원자량에는 동위체의 원자량과 원소의 원자량이 있다.

례: 탄소의 동위체 $^{12}_{6}C$의 원자량 … 12

탄소원소의 원자량 12.01

원소주기표에 씌여있는 원자량은 원소의 원자량이다.

원소의 원자량

원소의 원자량은 동위체들의 원자량과 그 존재비률을 고려하여 계산한 합평균질량이다.

$$Ar = \frac{Ar_1 \times \omega_1 + Ar_2 \times \omega_2}{\omega_1 + \omega_2}$$

Ar_1, Ar_2 : 동위체의 원자량

ω_1, ω_2 : 존재비률

례: 탄소원소의 원자량

$$Ar_{(C)} = \frac{12.00 \times 98.93 + 13.00 \times 1.07}{98.93 + 1.07} = 12.01$$

원자량의 리용

— 화학식량을 계산하는데 리용된다.(→화학식량)

— 두 원소의 원자의 질량을 비교하는데 리용된다.

$$\frac{m_{a_2}}{m_{a_1}} = \frac{Ar_2}{Ar_1}$$

례: 산소원자는 탄소원자보다 약 $\frac{16}{12}$=1.3배 무겁다.

9. 화학식량(Mr)

화학식에 의하여 계산된 원소원자량들의 합을 그 물질의 **화학식량**이라고 부른다.

화학식 A_xB_y의 화학식량은

$M\mathrm{r} = A\mathrm{r}_{(A)} \times x + A\mathrm{r}_{(B)} \times y$ 와 같다.

례: Al_2O_3의 화학식량

$M\mathrm{r} = 27 \times 2 + 16 \times 3 = 102$

— 화학식량은 물질들의 질량을 비교하는데 쓰인다.

원자로 구성된 단순물의 화학식량은 원자량과 같다.

례: 금강석의 화학식량 12

탄소원소의 원자량 12

분자량

분자로 구성된 물질의 화학식량을 **분자량**이라고 부른다.

례: 물의 분자량 18

화학식량의 리용

— 물질의 몰질량을 계산하는데 리용된다.(→몰질량)

— 물질들의 구성단위알갱이들의 질량을 비교하는데 리용된다.

례: 물분자와 에틸알콜분자의 질량비

$$\frac{M\mathrm{r}_{C_2H_6O}}{M\mathrm{r}_{H_2O}} = \frac{46}{18} \approx 2.6\ (\text{배})$$

10. 물질량(n)

물질의 분량(많고 적은 정도)을 알갱이(분자, 원자, 이온)수로 나타낸 화학량을 **물질량**이라고 부른다.

— 물질량의 단위는 mol(몰)이며 1mol은 알갱이 6.02×10^{23}개의 모임이다.

여기서 6.02×10^{23}을 **아보가드로수**(N_A)라고 부른다.

$$N_A=6.02\times10^{23}\text{mol}^{-1}$$

— 물질량은 물질을 구성하고있는 알갱이의 수(N)가 아보가드로수(N_A)의 몇배나 되는가를 나타내는 수라고 말할수 있다.

$$n=\frac{N}{N_A}$$

mol(몰)

— mol(몰)은 물질량의 단위이다.

— 탄소의 동위원소 ^{12}C 12g속에 들어있는 원자의 수만 한 알갱이의 모임을 1mol로 정하였다.

례: $\dfrac{12g}{1.993\times10^{-23}g}\approx6.023\times10^{23}$

— 물질 1mol은 6.02×10^{23}개의 알갱이가 들어있는 물질의 분량이다. 그속에는 물질의 구성단위알갱이가 6.02×10^{23}개 들어있으며 2mol을 취하면 그것의 2배만큼 들어있다.

11. **몰질량**(M)

물질 1mol의 질량을 **몰질량**이라고 부른다.

$$M=\frac{m}{n}$$

— 몰질량의 단위는 kg/kmol 또는 g/mol이다.

례: O_2의 몰질량 … 32g/mol

H_2O의 몰질량 … 18g/mol

H_2SO_4의 몰질량 … 98g/mol

— 몰질량은 아보가드로수만 한 물질의 구성단위알갱이들의 절대질량의 합이다.

$M = m_{\mathrm{f}} \times N_{\mathrm{A}}$ (m_{f}: 구성단위알갱이의 절대질량)

— 물질마다 몰질량이 서로 다르다. 그것은 물질을 구성하고있는 알갱이들의 절대질량이 물질마다 서로 다르기때문이다.

— 몰질량의 수값은 해당 물질의 화학식량과 같다.

례:

화학량 / 물질	몰질량	화학식량
NaOH	40g/mol	40
HCl	36.5g/mol	36.5
$(NH_4)_2SO_4$	132g/mol	132

몰질량의 계산

— 먼저 물질의 화학식량을 계산하고 그 수에 몰질량의 단위인 g/mol을 붙인다.

례: 류산의 몰질량: 화학식량 98에 g/mol을 붙인 98g/mol이다.

— 물질의 구성단위알갱이의 절대질량(m_{f})을 알면 계산된다.

$$M = m_{\mathrm{f}} \times N_A$$

례: 물의 몰질량

$$M_{\mathrm{H_2O}} = 2.99 \times 10^{-23}\mathrm{g} \times 6.023 \times 10^{23}\mathrm{mol}^{-1} \approx 18\mathrm{g/mol}$$

몰질량의 리용

— 화학반응에서 물질들사이의 량적관계를 고찰하는데 리용된다.

례: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

$2H_2$	O_2	$2H_2O$
2mol	1mol	2mol
2mol× 2g/mol =4g	1mol× 32g/mol =32g	2mol× 18g/mol =36g

— 화학식과 화학방정식에 의한 계산에 리용된다.

— 임의의 주어진 물질의 물질량(n)을 계산하는데 리용된다.

$$n = \frac{m}{M}$$

례: 물 45g의 물질량

$$n = \frac{m}{M} = \frac{45\text{g}}{18\text{g/mol}} = 2.5\text{mol}$$

12. 몰체적(V_m)

물질 1mol의 체적을 **몰체적**이라고 부른다.

$$V_\text{m} = \frac{V}{n}$$

— 몰체적의 단위는 dm^3/mol 또는 L/mol이다.

— 몰체적은 물질을 구성하고있는 알갱이 6.02×10^{23}개가 차지하는 체적이다.

— 온도와 압력이 같은 조건에서 기체의 몰체적은 모든 기체에서 같다. 그러나 같은 조건에서 고체나 액체물질의 몰체적은 물질마다 서로 다르다. 그것은 고체나 액체물질에서는 같은 조건이라고 해도 물질을 구성하고있는 알갱이들사이의 거리가 서로 다르기때문이다.

기체의 몰체적

기체 1mol이 차지하는 체적을 **기체의 몰체적**이라고 부른다. 단위는 L/mol이다.

— 기체의 몰체적은 기체의 밀도(ρ)만 알고있으면 쉽게 계산된다.

$$V_{\mathrm{m}}=\frac{M}{\rho}$$

례: 표준조건에서 산소의 밀도(ρ =1.43g/L)를 알면 산소의 몰체적은

$$V_{\mathrm{m}}=\frac{M}{g}=\frac{32\mathrm{g/mol}}{1.43\mathrm{g/L}}\approx 22.4\mathrm{L/mol}$$

— 기체의 몰체적은 화학반응에 참가한 기체물질들의 량적관계를 고찰하는데와 화학량계산에 리용되며 주어진 기체물질의 물질량을 계산하는데 리용된다.

$$n=\frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$$

례: 표준조건에서 산소 56L의 물질량

$$n=\frac{V}{V_{\mathrm{m}}}=\frac{56\mathrm{L}}{22.4\mathrm{L/mol}}=2.5\mathrm{mol}$$

13. 몰농도(c)

용액 1L에 용해되여있는 용질의 물질량으로 나타낸 농도를 **몰농도**라고 부르며 기호 c로 표시한다.

$$c=\frac{n}{V}$$

c: 몰농도, n: 용질의 물질량, V: 용액의 체적

— 몰농도의 단위는 mol/L 또는 $\mathrm{mol/dm^3}$이다.

— 용액의 몰농도가 1mol/L라는것은 용액 1L속에 용질이 1mol 들어있다는것을 말한다.

례: NaOH용액의 농도가 1mol/L라는것은 NaOH용액 1L속에 용해되여있는 NaOH이 1mol(40g)이라는것이다.

14. 화학방정식

화학반응을 화학식으로 나타낸것을 **화학방정식**이라고 부른다.

례: 아연과 염산과의 반응

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

— 화학방정식을 세울 때 물질들의 화학식으로는 보통 분자식이나 조성식, 시성식을 쓴다.

필요에 따라 구조식이나 이온식을 쓰는 경우도 있다.

— 화학방정식에서 반응물의 화학식사이에 쓴 +부호는 두 물질이 서로 반응한다는것을 나타내며 생성물의 화학식사이에 쓴 +부호는 함께 생겨난 물질이라는것을 나타낸다.

— 화학방정식은 반응물과 생성물의 질량이 질량보존법칙에 맞도록 세우고 에네르기보존의 법칙은 고려하지 않은 식이다. 화학반응에서 반응물과 생성물사이를 같기표(=)로 잇는다.(→질량보존법칙)

— 화학방정식에서 물질들의 화학식앞에 결수를 쓰는것은 질량보존법칙이 성립되도록 하기 위한것이다.

다시말하면 반응물과 생성물에서 원자의 개수가 같아지도록 한것이다.

— 화학방정식은 정성적인 뜻과 정량적인 뜻을 나타낸다.

· 화학방정식은 어떤 물질들이 반응하여 무슨 물질이 생겨났는가를 나타낸다.(정성적인 뜻)

· 화학방정식은 반응물들이 얼마만큼씩 반응하여 생성물이 얼마나 생겨났는가를 나타낸다.(정량적인 뜻)

· 반응물과 생성물의 물질량(*n*)을 나타낸다.

· 반응물과 생성물의 질량(*m*)을 나타낸다.

· 기체상태인 반응물이나 생성물의 체적(*V*)을 나타낸다.

례:

	$4Al$	+	$3O_2$	═══	$2Al_2O_3$
n	4mol		3mol		2mol
m	4mol× 278g/mol		3mol× 32g/mol		2mol ×102g/mol
			3mol× 22.4L/mol		——

이런 정량적인 뜻에 기초하여 화학방정식에 의한 계산을 진행한다.

15. 산화와 환원

원소의 산화수가 커지는 과정은 **산화**이고 산화수가 작아지는 과정이 **환원**이다.

전자이동의 견지에서 보면 원자나 이온이 전자를 내주는 과정이 산화이고 전자를 받아들이는 과정이 환원이다.

례: $\overset{+2\ -2}{CuO} + \overset{0}{H_2} = \overset{0}{Cu} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$ (2e, 산화: H_2 → H_2O; 환원: CuO → Cu)

$\overset{0}{Cu} + \overset{0}{Cl_2} = \overset{+2\ -1}{CuCl_2}$ (산화: Cu → $CuCl_2$; 2e, 환원: Cl_2 → $CuCl_2$)

16. 산화제

화학반응에서 자체는 환원되고 다른 물질을 산화시키는 물질을 **산화제**라고 부른다.

례: O_2, H_2O_2, F_2, Cl_2, HNO_3, 짙은 H_2SO_4, $KMnO_4$, $KClO_3$, $K_2Cr_2O_7$, $HClO$, …

산화제가 다른 물질을 산화시킨다는것은 다른 물질의 원자로부터 전자를 받아들이는 작용을 한다는것을 의미한다. 즉 산화수가 작아진다.

17. 환원제

화학반응에서 자체는 산화되고 다른 물질을 환원시키는 물질을 **환원제**라고 부른다.

례: Mg을 비롯한 금속들, C, H_2, CO, $FeSO_4$

환원제가 다른 물질을 환원시킨다는것은 다른 물질의 원자에 전자를 내주는 작용을 한다는것을 의미한다. 즉 산화수가 커진다.

> **상식**
>
> **밤하늘에 눈부신 축포는 어떻게 만든것인가**
>
> 축포는 태울 때 각각 색을 내는 물질을 포알에 넣어 이것들이 차례로 불이 당기게 도화선을 넣은것이다.
>
> 물질이 탈 때 내는 색갈을 보면 칼시움가루는 감색, 나트리움(Na)은 노란색, 스트론티움(Sr)은 붉은색, 동(Cu)은 푸른풀색, 바리움(Ba)은 노란풀색, 마그네시움(Mg)은 밝은 흰색을 낸다.
>
> 이런 물질을 포알속에 넣어 쏴올려 태우면 축포가 된다.

18. 동소체

같은 원소로 이루어졌으나 성질이 서로 다른 단순물을 **동소체**라고 부른다.

례: 탄소의 동소체: 흑연과 금강석, 풀러렌
린의 동소체: 붉은린과 흰린, 검은린

금강석과 흑연은 성질이 서로 다르므로 쓰이는데도 다르다.

동소체들이 원소조성은 같지만 물리성질이 서로 다른 것은 물질의 구조가 다르기때문이다.

19. 동위체와 동위원소

원자번호(Z)는 같으면서 질량수(A)가 다른 원자들을 **동위체**라고 부른다.

동위체표시 $^{A}_{Z}E$　　E: 원소기호

질량수=양성자수 + 중성자수

Z=1인 수소원자에는 질량수가 1, 2, 3인 동위체들이 있고 *Z*=6인 탄소원자에는 질량수가 12, 13인 동위체들이 있다.

여러 물질들속에 들어있는 원자들가운데서 원자번호는 같고 질량수에 의하여 구별되는 원자종을 **동위원소**라고 부른다.

지금까지 알려진 동위원소의 수는 1 700여가지나 된다. 그가운데서 자연계에 안정하게 존재하는 동위원소수는 340가지정도이다.

20. 동족렬과 동족체

구조와 성질이 비슷하여 분자조성을 하나의 일반식으로 쓸수 있는 화합물들의 무리를 **동족렬**이라고 부르며 여기에 속하는 하나하나의 물질들을 **동족체**라고 부른다.

례: C_nH_{2n+2}의 일반식을 가진 화합물무리: 메탄동족렬

메탄, 에탄, 프로판 등: 메탄동족체

21. 이성체와 이성현상

분자식은 같으나 구조가 다르며 따라서 성질이 다른 화합물을 **이성체**라고 부르며 이성체가 나타나는 현상을 **이성현상**이라고 부른다.

례: C_4H_{10} 부탄

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$　　　$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$

I　　　　　　　　　　　II

여기서 곧은 사슬로 된 부탄(I)을 **노르말부탄,** 가지사슬로 된 부탄(II)을 **이소부탄**이라고 부른다.

노르말부탄과 이소부탄은 다같이 C_4H_{10}의 분자식을

가지지만 끓음점을 비롯한 몇가지 물리성질에서 차이난다.

22. 열함수(H)

물질 1mol이 가지고있는 에네르기를 **열함수**라고 부르며 문자 H로 표시한다.

례: 물의 열함수 H_{H_2O}

산소의 열함수 H_{O_2}

— 열함수는 매 물질마다 다를뿐아니라 같은 물질에서도 모임상태에 따라 다르다.

— 물질의 열함수는 직접 잴수 없는 량이며 그 차만을 알수 있다.

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

발열반응에서는 물질들의 열함수가 감소되고 흡열반응에서는 물질들의 열함수가 증가된다.

발열반응 … $\Delta H < 0$

흡열반응 … $\Delta H > 0$

열함수차 ΔH

주어진 상태에서 물질들의 열함수의 차를 말하며 문자 ΔH로 표시한다. (→반응열)

례: $\Delta H = H_{(\text{수증기})} - H_{(\text{물})} = -44\text{kJ}$ (증발열)

$\Delta H = H_{CO_2} - (H_C + H_{O_2}) = -396\text{kJ}$ (반응열)

23. 반응열

화학반응에서 내보내거나 받아들이는 열을 **반응열**이라고 부른다.

열을 내보내면서 일어나는 반응을 **발열반응**이라고 부르고 열을 받아들이면서 일어나는 반응을 **흡열반응**이라고 부른다.

$$C + O_2 = CO_2\ ;\ \text{발열반응}$$

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{열}} CaO + CO_2$$ ； 흡열반응

— 반응열은 반응물과 생성물의 열함수차(ΔH)와 같다. 다시말하면 반응열은 생성물들의 열함수의 합에서 반응물들의 열함수의 합을 던 차와 같다.

례: 탄이 타서 이산화탄소로 되는 반응의 반응열

$$\Delta H = H_{CO_2} - (H_C + H_{O_2}) = -396\text{kJ}$$

$$\therefore\ C_{(고)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)}；\ \Delta H = -396\text{kJ}$$

물질은 모임상태에 따라 열함수의 크기가 다르다.

$2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(기)}$ ； ΔH =-484kJ

$2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(액)}$ ； ΔH =-572kJ

모임상태가 같다고 하여도 동소체에 따라 반응열은 다르다.

$C_{(흑연)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)}$ ； ΔH =-394kJ

$C_{(금강석)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)}$ ； ΔH =-396kJ

24. 열화학방정식

화학반응이 일어날 때 나드는 반응열을 함께 나타낸 화학방정식을 **열화학방정식**이라고 부른다.

례: $C_{(고)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)}$； ΔH =-396kJ

— 열화학방정식은 질량보존법칙과 함께 에네르기보존의 법칙에도 맞게 세워진 화학방정식이다.

— 열화학방정식에서 내보내는 반응열은 《-》부호를 붙여 표시하고 받아들이는 반응열은 《+》부호를 붙여서 표시한다.

25. 생성열

안정한 단순물로부터 화합물 1mol이 생길 때의 반응열을 그 화합물의 **생성열**이라고 부르며 문자 $\Delta H_{생}$ 으로 표시한다.

— 생성열의 단위는 kJ/mol이다.

례: $H_2O_{(액)}$ ⋯ $\Delta H_{생,H_2O}=-286\,kJ/mol$

$CO_{2(기)}$ ⋯ $\Delta H_{생,CO_2}=-396\,kJ/mol$

— 물질의 생성열은 모임상태, 온도와 압력에 따라 달라진다.

보통 25℃(298K), 표준대기압(0.1MPa)에서의 생성열값을 쓰는데 이것을 **표준생성열**이라고 부른다.

— 단순물의 표준생성열은 령(0)으로 한다.

단순물에 여러가지 동소체가 있을 때에는 가장 안정한 단순물을 기준으로 한다.

례: 탄소에서는 흑연, 류황에서는 사방류황, 린에서는 붉은린

— 같은 종류의 화합물들(례를 들면 할로겐화수소)의 생성열을 비교하여보면 생성열값이 작은 물질이 안정하다.

례:	HF	HCl	HBr	HI
$\Delta H_{생}$	−269	−92	−36	+26

← 안정성

— 물질의 생성열은 화학반응의 반응열을 계산하는데 쓰인다.

반응열은 실험기구를 가지고 직접 재는 방법으로 알아낼수도 있으나 측정하기 어려운 경우가 많다. 이런 경우에 여러가지 방법으로 계산해낼수 있다. 반응열은 생성물들의 생성열의 합에서 반응물들의 생성열의 합을 던 차와 같다.

례: $C_{(고)} + H_2O_{(기)} = CO_{(기)} + H_{2(기)}$; $\Delta H=?$

$\Delta H_{생}$: 0 　 242 　 −111 　 0

$$\Delta H=(-111+0)-(-242+0)=131kJ$$

제2장. 화학의 기초법칙

1. 조성일정의 법칙

주어진 화합물을 이루고있는 원소들의 질량비와 원소들의 원자수의 비는 그 물질이 얻어지는 과정에는 관계없이 언제나 일정하다. 이것을 **조성일정의 법칙**이라고 부른다.

례를 들어 물은 누가 어디서 어떤 방법으로 얻은것인가에 관계없이 그것을 이루고있는 수소원소의 원자와 산소원소의 원자의 질량비는 1:8이고 원자수의 비는 2:1이다.

조성일정의 법칙이 성립되는것은 화합물을 이루고있는 원소들의 원자수의 비가 언제나 일정하기때문이다.

물에서 수소원자수와 산소원자수의 비는 2:1이며 메탄에서 탄소원자수와 수소원자수의 비는 1:4이다.

물에서 H : O = 2 : 1, 1 : 8
(원자수비) (질량비)

메탄에서 C : H = 1 : 4, 12 : 4 = 3 : 1
(원자수비) (질량비)

※ 만일 수소원자가 보통의 수소원자($^{1}_{1}H$)가 아니라 중수소원자($^{2}_{1}H$)인 경우에는 수소의 질량이 수소원자의 2배나 되므로 이런 중수소원자로 된 물(D_2O 중수)에서는 수소와 산소의 질량비가 2:8 즉 1:4로 된다. 이렇게 동위체를 고려하면 조성일정의 법칙이 잘 맞지 않는다. 그러나 이런 경우에도 질량비로 생각하지 않고 원소들의 원자수비로 보면 언제나 맞는다. 그러므로 조성일정의 법칙을 원소들의 질량비만이 아니라 원자수의 비까지 고려하여 주어진 화합물을 이루고있는 원소들의 원자수의 비는 언제나 일정하다고 말한다.

2. 질량보존법칙

화학반응에서 반응물들의 질량의 합과 생성물들의 질량의 합은 같다. 이것을 **질량보존법칙**이라고 부른다.

— 화학반응에서 물질들의 질량이 보존된다는것은 원자들의 종류와 그 수가 보존된다는것이며 이것은 매 원자들의 물질량이 보존된다는것을 의미한다.(→물질량)

이런 의미에서 질량보존법칙을 물질량보존법칙이라고도 말할수 있다.

— 화학반응에서 물질은 변하여도 그 질량이 보존된다는것은 반응전과 반응후에 원자들의 종류와 수가 변함없다는것 즉 원자들은 반응물로부터 생성물로 옮겨갈뿐이라는것을 의미한다.

— 질량보존법칙에 기초하여 화학방정식을 세우며 화학방정식에 의한 계산을 진행한다.

질량보존법칙에 기초하여 반응물의 량을 알고 생성물의 량을 계산할수 있으며 반대로 필요한 량의 생성물을 얻기 위한 반응물의 량도 계산할수 있다.

3. 아보가드로법칙

온도와 압력이 같은 조건에서 모든 기체의 같은 체적안에는 같은 수의 분자가 들어있다. 이것을 **아보가드로법칙**이라고 부른다.

례: 표준조건에서 모든 기체 22.4L에는 6.02×10^{23}개의 분자가 들어있다.

— 아보가드로법칙은 기체의 체적과 그속에 들어있는 분자수와의 관계를 밝혀준 법칙이다.

— 아보가드로법칙이 성립되는것은 온도와 압력이 같을 때 모든 기체들에서 분자들의 운동에네르기가 같고 분자들사이의 거리도 같기때문이다.

어떤 기체에서나 분자들사이의 거리가 같으므로 같은 수의 분자가 차지하는 체적도 같을수밖에 없다.

— 표준조건에서 모든 기체의 몰체적(V_m)이 22.4L/mol 인것은 아보가드로법칙으로 잘 설명된다.

4. 기체체적비의 법칙

기체들사이에 일어나는 반응에서 반응에 참가한 기체들의 체적과 반응에서 생긴 기체들의 체적사이에는 서로 옹근수비를 이룬다. 이것을 **기체체적비의 법칙**이라고 부른다.

례 1: CO가 산소안에서 타서 CO_2를 만들 때 CO 2L와 O_2 1L가 반응하여 CO_2 2L를 만든다. 즉 CO:O_2:CO_2의 체적비는 2:1:2로 된다.

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

(2체적) (1체적) (2체적)

례 2: 질소와 수소가 반응하여 암모니아를 만들 때 N_2 $1m^3$와 H_2 $3m^3$가 반응하여 NH_3 $2m^3$를 만든다. 즉 N_2:H_2:NH_3(체적비)는 1:3:2로 된다.

	N_2	$+ 3H_2$	$= 2NH_3$	
분자수	1개	3개	2개	
	6.02×10^{23}	18.06×10^{23}	12.04×10^{23}	
물질량	1mol	3mol	2mol	
체적	22.4L	67.2L	44.8L	(표준조건)
체적비	1	3	2	(표준조건)

체적변화가 없는 기체의 반응은 압력의 영향을 받지 않지만 체적변화가 있는 반응은 압력의 영향을 받는다.

5. 리상기체의 상태방정식

기체의 체적과 온도, 압력사이의 관계를 나타낸 방정식을 **리상기체의 상태방정식**이라고 부른다.

$PV = nRT$ 또는 $PV = \frac{m}{M}RT$

여기서 P: 압력

V: 체적

n: 물질량

R: 기체상수

T: 절대온도

R= 8.31434J/K・mol=0.082MPa·L/K·mol

리상기체라는것은 기체분자들사이에 아무런 힘도 작용하지 않고 분자자체의 체적도 없다고 본 기체를 말한다.

이런 기체는 존재하지 않는다.

그러나 현실기체도 높은 온도(방온도이상)에서 압력을 낮추면 기체의 체적이 매우 커져서 리상기체에 가깝다고 볼수 있다. 그러므로 압력이 높지 않고 온도가 그리 낮지 않은 조건에서는 리상기체의 상태방정식을 현실기체에도 적용할수 있다.

기체의 체적(V)은 압력(P)과 온도(T)가 변할 때 심히 달라진다.

○ 온도가 일정한 조건(등온조건)에서 주어진 기체의 체적은 압력에 거꿀비례한다.(보일—마리오트의 법칙)

$$PV=\text{상수}$$

○ 압력이 일정한 조건(등압조건)에서 주어진 기체의 체적은 절대온도에 비례한다.(게이-류샤크의 법칙)

$$\frac{V}{T}=\text{상수}$$

○ 체적이 일정한 조건(등체적조건)에서 기체의 압력

은 절대온도에 비례한다.(샤를의 법칙)

$$\frac{P}{T}=\text{상수}$$

이 세 법칙을 묶으면

$$\frac{PV}{T}=\text{상수}$$

○ 기체상수를 R라고 할 때 기체 1mol에 대하여서는

$$\frac{PV_{\mathrm{m}}}{T}=R \quad \text{또는} \quad PV_{\mathrm{m}}=RT \text{ 이다.}$$

여기서 V_{m}은 기체 1mol의 체적이다.

○ 기체의 물질량이 $n$mol일 때에는

$$PV=nRT \quad \text{또는} \quad PV=\frac{m}{M}RT$$

로 된다.

이 식들은 여러가지 계산에 리용된다.

기체상수 R의 값은 다음과 같이 계산된다.

$$R=\frac{P_0V_{\mathrm{m}}}{T_0}=\frac{0.1\mathrm{MPa}\times 22.4\mathrm{L/mol}}{273\mathrm{K}}=0.0082\mathrm{MPa\cdot L/K\cdot mol}$$

$$=8.31434\mathrm{J/K\cdot mol}$$

6. 배수비의 법칙

두 원소로 이루어진 두가지이상의 화합물들에서 같은 질량의 한 원소와 결합하는 다른 원소의 질량들사이에는 언제나 간단한 옹근수비가 이루어진다. 이것을 **배수비의 법칙**이라고 부른다.

례: 탄소원소와 산소원소로 이루어진 두 화합물 CO와 CO_2에서 보면 탄소원소 12질량에 대하여 산소원소는 다음과 같은 질량비를 이룬다.

CO	CO_2
12질량 16질량	12질량 32질량

따라서 16:32=1:2이다.

이 법칙을 원자론적으로 보면(원자수로 보면) 두 원소가 두가지이상의 화합물을 만들 때 화합물에 들어있는 한 원소의 일정한 원자수와 결합하고있는 다른 원소의 원자수들사이에는 간단한 옹근수의 비를 이룬다는것이다.

CO에서 탄소원자 1개에 산소원자 1개가 결합되여있고 CO_2에서 탄소원자 1개에 산소원자 2개가 결합되여있으므로 두 화합물에서 탄소원자 1개에 대하여 볼 때 산소원자는 1:2의 비로 들어있다.

7. 멘델레예브원소주기법칙

원소의 성질은 원자번호가 커지는 차례로 규칙적으로, 주기적으로 변한다. 이것을 **멘델레예브원소주기법칙**이라고 부른다.

— 화학원소들을 원자번호가 커지는 차례로 늘여놓으면 비슷한 성질이 주기적으로 되풀이된다. (→멘델레예브원소주기표)

원소	$_3Li$	$_4Be$	$_5B$	$_6C$	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$
전기적양성과 전기적음성	← 전기적양성			전기적음성 →				
산화물에서의 산화수	$\overset{+1}{Li}_2O$	$\overset{+2}{Be}O$	$\overset{+3}{B}_2O_3$	$\overset{+4}{C}O_2$	$\overset{+5}{N}_2O_5$	—	—	—
수소화합물에서의 산화수	$\overset{+1}{Li}H$	$\overset{+2}{Be}H_2$	$\overset{+3}{B}H_3$	$\overset{+4}{C}H_4$	$\overset{-3}{N}H_3$	$H_2\overset{-2}{O}$	$H\overset{-1}{F}$	—
전자층수	2	2	2	2	2	2	2	2
최외전자수	1	2	3	4	5	6	7	8

원소	$_{11}Na$	$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
전기적양성과 전기적음성	← 전기적양성				전기적음성 →			
산화물에서의 산화수	$\overset{+1}{Na_2O}$	$\overset{+2}{MgO}$	$\overset{+3}{Al_2O_3}$	$\overset{+4}{SiO_2}$	$\overset{+5}{P_2O_5}$	$\overset{+6}{SO_3}$	$\overset{+7}{Cl_2O_7}$	—
수소화합물에서의 산화수	$\overset{+1}{NaH}$	$\overset{+2}{MgH_2}$	$\overset{+3}{AlH_3}$	$\overset{+4}{SiH_4}$	$\overset{-3}{PH_3}$	$\overset{-2}{H_2S}$	$\overset{-1}{HCl}$	—
전자층수	3	3	3	3	3	3	3	3
최외전자수	1	2	3	4	5	6	7	8

8. 헤쓰의 법칙(열량합일정의 법칙)

반응열은 반응이 어떤 길을 따라 일어나는가에 관계없이 처음상태와 마감상태가 같으면 언제나 같다. 이것을 **헤쓰의 법칙**(열량합일정의 법칙)이라고 부른다.

헤쓰의 법칙은 다음과 같은 내용을 담고있다.

○ 반응열은 반응의 길에는 관계없이 언제나 일정하다.

○ 화학반응의 처음상태(반응물의 상태)와 마감상태(생성물의 상태)가 같으면 반응열은 같다.

례: 탄이 불타는 반응의 길은 두가지이다.

① $C \rightarrow CO_2$; $\Delta H = -396kJ$

② $C \rightarrow CO \rightarrow CO_2$; $\Delta H = -396kJ$

— 반응열의 크기가 화학반응의 경로에는 관계없이 반응의 처음상태와 마감상태만 주어지면 일정한것은 반응열이 이 두 상태의 열함수차(ΔH)와 같기때문이다.

— 헤쓰의 법칙은 모임상태의 변화에서도 잘 맞는다.

례: 얼음의 증발열

얼음 → 수증기; $\Delta H = +50.1kJ$

얼음 → 물 → 수증기; $\Delta H = +50.1kJ$

9. 화학평형법칙

화학평형상태에서 반응물들의 농도적(농도를 곱한 값)에 대한 생성물들의 농도적의 비는 주어진 온도에서 일정하다. 이 관계를 **화학평형법칙**(또는 화학평형에 대한 질량작용의 법칙)이라고 부른다.

례: 가역반응 $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$가 화학평형상태에 이르렀을 때

$$\frac{c_{HI}^2}{c_{H_2} \cdot c_{I_2}} = K \text{ (평형상수)}$$

— 화학평형법칙은 화학평형상태에서 반응에 참가한 물질들의 농도(또는 분압)사이의 관계를 나타내는 법칙이다.

— 가역반응에 참가한 물질들이 기체일 때에는 농도대신 기체의 분압으로 화학평형법칙을 나타낼수 있다. 그것은 온도가 일정한 조건에서는 기체의 몰농도가 기체의 분압에 비례하기때문이다.

례: $$\frac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \cdot P_{I_2}} = K_P$$

상수 K_P는 분압으로 나타낸 평형상수이다.

— 모든 가역반응이 평형상태에 이르렀을 때 화학평형법칙은 다음과 같이 표시된다.

$$aA + bB \rightleftharpoons lL + mM$$

$$K_c = \frac{c_L^{\ell} \cdot c_M^m}{c_A^a \cdot c_B^b}$$

$$K_P = \frac{P_L^{\ell} \cdot P_M^m}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

보는바와 같이 화학평형상태에서는 반응에 참가한 물질들의 농도적(또는 분압적)의 비가 평형상수와 같다.

10. 파라데이(패러디)법칙

전극에서 일어나는 반응에 전자가 $n_e$mol 참가하면 물질 1mol을 전기분해하는데는 n_eF의 전기량이 든다. 이것을 **파라데이법칙**(전기분해법칙)이라고 부른다.

— n_e는 전자의 물질량이며 F는 파라데이상수이다.

— 파라데이법칙을 수학적으로 나타내면 다음과 같다.

$Q = I \cdot t$ 이므로 IA의 전류로 ts동안 전기분해할 때 생기는 물질의 물질량 n은

$$n = \frac{I \cdot t}{n_e F} = \frac{m}{M}$$

— 1F(파라데이)는 전자 1mol의 전기량이다.

$$1\mathrm{F} = \mathrm{e} \cdot N_A = 1.602 \times 10^{-19}\,\mathrm{C} \times 6.02 \times 10^{23}\,\mathrm{mol} \approx 96\,500\,\mathrm{C/mol}$$

(e는 전자 1개의 전기량 즉 1.602×10^{-19}C)

전극반응에 전자 1mol이 참가한다는것은 전기량이 96 500C(쿨롱) 든다는것을 의미하며 이때 1F의 전기량이 든다고 말한다.

— 전기량 1C은 1A(암페아)의 전류를 1s(초)동안 흘려보낸 전기량(1C=1A・s)이므로 1F(96 500C/mol)는 96 500A・s이다.

— n_eF는 물질 1mol을 전기분해하는데 든 전기량이다.

례: n_e=2mol이라면 전극반응에 전자가 2mol 참가했다는것이며 그것의 전기량은

$$n_e\mathrm{F} = 2\mathrm{F} = 2 \times 96\,500\,\mathrm{C/mol}$$

이라는것이다.

— 파라데이법칙의 공식

$$n = \frac{I \cdot t}{n_e \cdot \mathrm{F}}$$

를 리용하면 전기분해결과 얻어진 물질의 물질량뿐아니라 전기분해할 때 흘려보낸 전류의 세기와 전기분해하는데 소비된 시간도 계산할수 있다.

제3장. 물질의 구조

1. 물질을 구성하는 알갱이

모든 물질은 분자나 원자, 이온으로 구성되여있다.

분자

2개이상의 원자로 구성된 물질을 **분자**라고 부른다.

례: 산소분자 O_2, 물분자 H_2O
에틸알콜분자 C_2H_6O

— 분자는 화학결합으로 이루어진 원자들의 집단이다.
— 화학반응에서 분자는 원자들로 갈라질수 있다.
— 물질들가운데는 분자로 이루어진것이 많다.

원자

하나의 원자핵과 여러개의 전자들로 되여있는 알갱이를 **원자**라고 부른다.(수소원자만은 전자가 1개)

례: 철원자 Fe, 동원자 Cu, 탄소원자 C

일화

파라데이의 열정

13살 때부터 제본공으로 일하면서도 자연과학에 남다른 취미를 가지고 로동의 짬짬에 공부하여온 파라데이는 어느날 영국의 유명한 화학자인 데이비의 과학강연을 들은적이 있었는데 거기서 그는 그의 말 한마디 놓칠세라 귀를 강구며 강연을 듣고 필요한 부분을 책에 빠짐없이 적기까지 하였다.

그날부터 그는 과학세계에 심취되여 줄곧 어떻게 하면 나도 과학자가 될수 있겠는가 생각하였다.

그는 큰 마음을 먹고 당시 영국왕립협회(과학원과 같은 기관)의 회장이였던 데이비선생에게 자기를 조수로 받아줄것을 간청하는 편지와 함께 그가 로동의 짬짬에 책에서 발취한 내용을

원자는 물질을 구성하고있는 가장 작은 알갱이이다.

— 원자의 크기는 대단히 작다.

산소원자의 직경은 대략 1.48×10^{-10}m이다.

수소원자를 탁구공만큼 확대하였다면 이것은 탁구공을 지구만큼 확대한것과 같다.

— 물질들가운데는 같은 원소의 원자들로 구성된것들이 많다.

례: 여러가지 금속들과 일부 비금속들

— 화학반응에서 원자는 그대로 보존된다.

이온

전기를 띤 알갱이를 **이온**이라고 부른다.

— 물질들가운데는 이온으로 구성된것들이 있다.

례: 소금(NaCl)은 나트리움양이온(Na^+)과 염소음이온(Cl^-)으로 구성된 물질이다.

— 이온에는 양이온과 음이온이 있다. 양이온은 원자가 전자를 내보냈을 때 생기고 음이온은 원자가 전자를 받았을 때 생긴다.

적은 책을 첨부하여 보내였다.

데이비선생은 그에게 《과학을 전문한다는것은 여간만 고달픈 일이 아니라네. 돈은 얼마 타지 못하는데다가 명예도 차례지기가 쉽지 않지! 그러니 상점에서 일하는것이 오히려 낫지 않겠나.》 하고 말하였다. 그러자 파라데이는 《선생님! 저는 돈도, 명예도 바라지 않습니다. 오직 저에게는 과학을 탐구하는 길만이 열리였으면 합니다.》라고 대답하였다. 데이비는 그에게서 과학탐구의 열렬한 지향을 읽고 그를 자기의 조수로 받아주었다.

후세사람들은 데이비선생의 최대의 업적은 《파라데이를 발견한것이다.》라고 말하였다.

파라데이는 자기의 맹세대로 돈도 명예도 바라지 않고 인류에게 그처럼 가치있는 수많은 과학적업적을 남기였다.

례: $Ca - 2e \rightarrow Ca^{2+}$

$O + 2e \rightarrow O^{2-}$

원자가 내준 전자수 혹은 받아들인 전자수는 이온의 전하수로 되는데 이것을 **이온가**라고 부른다.

2. 원자구조

원자의 중심에는 원자핵이 있고 그 주위에서 전자들이 끊임없이 운동하고있다.

원자핵은 더 작은 알갱이들인 양성자와 중성자로 되여있다.

원자 — 원자핵 — 양성자, 중성자
원자 — 전자

전자는 음전기를 띠고있는 알갱이이며 질량은 양성자 질량의 1/1 840밖에 안된다. 양성자는 양전기를 띤 알갱이이며 중성자는 전기를 띠지 않은 알갱이이다.

양성자의 질량 $1.672\,6\times10^{-24}$g

중성자의 질량 $1.674\,8\times10^{-24}$g

전자의 수 = 양성자의 수 = 원자번호 = 핵전하수

원자안에서 전자는 띠염띠염 떨어진 에네르기를 가지고 정해진 자리길이 없는 운동을 하고있다.

에네르기준위

원자안에서 운동하는 전자들이 가지고있는 띠염띠염 떨어진 하나하나의 에네르기값들을 **에네르기준위**라고 부른다.

$$E_1<E_2<E_3<E_4 \cdots$$

(E_1는 가장 낮은 에네르기준위)

낮은 에네르기준위에 있던 전자가 밖으로부터 에네르기를 받으면 높은 에네르기준위로 넘어갈수 있다.

전자구름

핵주위의 정해진 공간에서 전자가 있을수 있는 모든 자리를 점으로 나타내면 마치 구름처럼 보이게 된다. 이와 같이 전자가 있을수 있는 위치를 수많은 점으로 나타낸것을 **전자구름**이라고 부른다.

— 핵주위의 정해진 공간에서 운동하는 전자는 핵가까이에 있을수도 있고 멀리에 있을수도 있다.

— 전자구름의 모양은 여러가지이다.

례: s전자구름(공모양), p전자구름(아령모양), d전자구름(네잎꽃모양)

전자층

원자핵둘레에서 에네르기준위가 같은 전자들이 이루는 층을 **전자층**이라고 부른다.

K층, L층, M층, N층 …

(K층은 가장 낮은 에네르기준위에 있는 전자들이 이루는 층이다.)

— 원자에 있는 전자층의 수는 그 원소가 놓여있는 주기의 번호와 같다.

전자층의 수=주기번호

— 원자안에서 가장 높은 에네르기준위에 있는 전자들이 이룬 전자층을 **최외전자층**이라고 부르며 거기에 있는 전자를 **최외전자**라고 부른다.

— 최외전자층에 전자가 8개(He원자에서만은 2개) 배치되여있으면 **다찬전자층**이라고 부르며 이때의 원자구조가 가장 안정하다.

— 전자들은 원자의 전자층에 다음의 규칙에 맞게 배치된다.

· 원자안에서 전자들은 에네르기준위가 가장 낮은 전자층부터 배치된다.

· 원자의 매 전자층에는 정해진 수만큼 전자가 배치될수 있으며 한 전자층에 다 차면 전자는 에네르기준위가 보다 높은 다음의 전자층에 배치된다.

매 전자층에 최대로 배치될수 있는 전자의 수 … $2n^2$

· 최외전자층에 배치되는 전자의 수는 8을 넘지 못한다.

례: Ca의 전자배치

(4주기 2족 20번)

K—2, L—8, M—8, N—2

3. 주량자수와 궤도

원자의 에네르기준위를 규정하여주는 수 n을 **주량자수**라고 부른다.

$$n=1, 2, 3, 4 \cdots$$

— 원자안에 있는 매 전자들은 정해진 에네르기값을 가진다.

— n=1인 에네르기준위는 K준위이고 n=2인 에네르기준위는 L준위이다.

— 전자구름이라는 말대신 궤도라고도 부른다.

례: s전자구름 s궤도

p전자구름 p궤도

궤도기호

— n=1인 K준위에 있는 전자들은 공모양의 s전자구름을 이루는데 이것을 1s궤도라고 부르며 기호 1s로 나타낸다.

— n=2인 L준위에 있는 전자들은 공모양의 s전자구름과 아령모양의 p전자구름을 이루는데 이것을 각각 2s궤도, 2p궤도라고 부르며 기호 2s, 2p로 나타낸다.

그리고 2p궤도는 x, y, z축의 세 방향으로 놓여있으므로 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$가 있다.

궤도의 수

— 주량자수에 따르는 궤도의 수는 정해져있다.

n	기호	궤도의 개수				궤도의 총수
		s	p	d	f	
1	K	1				1
2	L	1	3			4
3	M	1	3	5		9
4	N	1	3	5	7	16

주량자수가 3인 M준위에는 $3s$궤도 1개와 $3p$궤도 3개 그리고 $3d$궤도가 5개 있다.

— 매 주량자수에 따르는 궤도의 수는 n^2개이다.

례: n=1일 때 n^2=1

n=3일 때 n^2=9 등

— 전자들은 궤도에 다음과 같이 배치된다.

· 전자들은 에네르기준위가 낮은 궤도로부터 배치된다.

· 에네르기준위가 같은 궤도들에는 먼저 전자가 하나씩 배치된다.

· 한 궤도에 배치될수 있는 전자의 수는 2개까지이다.

례: $_{20}Ca$의 전자배치

$1s^2$ $2s^2$ $2p_x^2$ $2p_y^2$ $2p_z^2$ $3s^2$ $3p_x^2$ $3p_y^2$ $3p_z^2$ $4s^2$

간단히 $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$

전자의 수가 여러개인 여러전자원자에서는 주량자수가 같아도 s궤도인가, p궤도인가 아니면 d궤도, f궤도인가에 따라 에네르기준위가 서로 다르다.

여러전자원자에서 궤도들의 에네르기준위가 높아지는 순서는 다음과 같다.

$1s<2s<2p<3s<3p<4s\approx3d<4p<5s\approx4d<5p<6s\approx4f\approx5d<6p$

s궤도, p궤도, d궤도, … 에 배치된 전자들은 궤도기호

를 붙여 s전자, p전자, d전자, …라고 부른다.

4. 화학결합

분자나 결정을 구성하고있는 원자들사이의 호상작용을 **화학결합**이라고 부른다.

화학결합에는 이온결합, 공유결합, 금속결합 등이 있다.

— 물질을 구성하고있는 원자들은 다 화학결합을 이룬다.

— 화학결합이 이루어질 때에는 두 원자에 제가끔 속하여있던 전자들이 두 원자에 공동으로 속하게 되며 계의 총에네르기는 작아지고 두 원자핵사이의 공간에 전자구름이 짙어진다.

— 화학결합의 견고성은 결합에네르기의 크기와 결합거리에 의존된다.

결합에네르기

원자들이 결합하여 화학결합을 이룰 때 내보내는 에네르기를 **결합에네르기**라고 부른다.

단위는 kJ/mol이다.

— 결합에네르기가 클수록 화학결합이 견고하고 생긴 물질이 안정하다.

— 결합에네르기의 크기는 두 원자들사이의 결합을 끊는데 드는 해리에네르기와 같다.

결합에네르기=해리에네르기

그러므로 실지 결합에네르기는 측정하기 편리한 해리에네르기값을 리용하여 나타낸다.

결합거리

결합하고있는 원자들의 핵들사이의 평균거리를 **결합거리**라고 부른다.

— 결합거리는 두 원자핵사이에서 끌힘과 밀힘이 비기

는 거리이다.

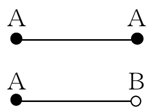
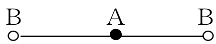
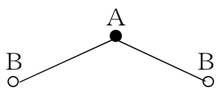
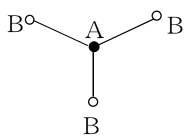
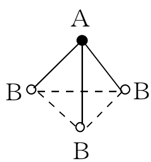
— 결합거리가 짧을수록 화학결합이 견고하며 물질은 안정하다.

결합각

분자를 구성하고있는 원자들사이의 각을 **결합각**이라고 부른다.

— 결합각의 크기는 분자를 구성하고있는 원자들의 특성과 화학결합의 특성에 따라 달라진다.

— 결합각은 분자의 구조에 큰 영향을 미친다.

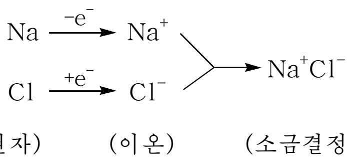
분자식	결합각	분자구조
A_2와 AB	180°	직선구조 
AB_2	∠BAB=180° ∠BAB<180°	직선구조  꺾인 구조 
AB_2 AB_3	∠BAB=120° ∠BAB<120°	평면구조  삼각뿔구조 

5. 이온결합

양이온과 음이온사이의 정전기적끌힘으로 이루어지는 화학결합을 **이온결합**이라고 부른다.

— 이온결합을 이룰 때에는 먼저 원자들이 전자를 주고받아 이온으로 되고 다음에 이 이온들사이에 전기적끌힘이 작용하면서 결합한다.

례:



이온으로 구성된 물질의 화학식은 그를 구성하고있는 양이온과 음이온수의 비로 나타낸 조성식을 쓴다.

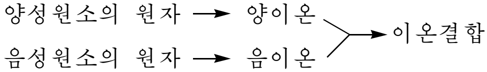
례: 소금결정

Na^{+} : Cl^{-} = 1:1

따라서 소금의 화학식은 NaCl

— 이온결합이 이루어지는 경우

이온결합은 전기적양성이 센 양성원소의 원자들과 전기적음성이 센 음성원소의 원자들사이에서 이루어진다.



즉 전기음성도의 차(Δx)가 매우 큰(Δx>1.7) 원소의 원자들사이에서 이온결합이 이루어진다.

Δx>1.7일 때

례: Na의 전기음성도 … 0.9

Cl의 전기음성도 … 3.0

Δx=3.0−0.9=2.1

이온결정

이온결합으로 이루어진 결정을 **이온결정**이라고 부른다.

례: 소금결정, 산화칼시움결정, 염화마그네시움결정

— 이온결정에서는 살창매듭에 양이온과 음이온이 엇바뀌여 놓여있다.

— 이온결정에서 양이온주위에는 음이온들이, 음이온주위에는 양이온들이 있다.

한 이온의 주위에 다른 이온이 몇개나 있을수 있는가 하는것은 이온결정마다 다르다.

그 수를 **배위수**라고 부른다.

례: 소금결정에서 배위수는 6이다.

— 이온결정의 성질

· 서로 반대부호의 이온들이 정전기적끌힘으로 이루어진 결정은 밖으로부터 힘이나 열을 주어도 쉽게 흩어지지 않으므로 녹음점이 비교적 높다.

례: NaCl 800℃, CaO 2 070℃

· 이온결정은 굳고 부스러지기 쉽다.

· 이온결정은 고체상태에서는 전기를 잘 흘러보내지 않지만 녹은 상태에서와 수용액에서 전기를 잘 흘러보낸다.

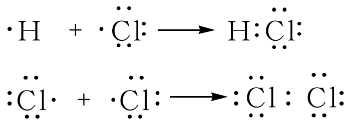
· 이온결정은 물에 잘 용해되며 유기용매에는 잘 용해되지 않는다.

6. 공유결합

두 원자가 전자쌍을 함께 가지면서 이루는 화학결합을 **공유결합**이라고 부른다.

— 공유결합을 이룰 때에는 먼저 원자들이 제가끔 홀전자를 내여 전자쌍을 만들고 다음에 그 전자쌍을 두 원자가 함께 가지면서 결합한다.

례: ·H + ·H ⟶ H:H



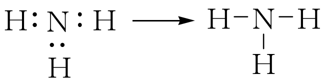
공유결합을 이루는데 참가한 전자쌍을 **공유전자쌍**이라고 부르며 공유되여있지 않는 전자쌍을 **비공유전자쌍(외로운 전자쌍)**이라고 부른다.

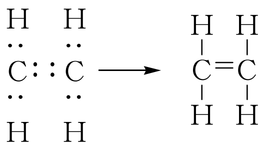
공유전자쌍을 이루는데 참가하는 매 원자의 전자수를 그 원소의 **원자가(공유원자가)**라고 부른다.

공유결합을 이루는 공유전자쌍은 1개일수도 있고 2개 또는 3개일수도 있다.

례: 

— 공유결합으로 이루어진 물질의 구조에서 공유전자쌍 1개를 선분(—)으로 나타낸다.

례: NH_3 

C_2H_4 

원자사이결합을 선분(—)으로 나타낸 화학식은 구조식이다.

— 공유결합은 원자들이 안정한 전자배치(ns^2, np^6)를 가지면서 일어난다.

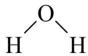
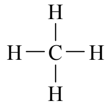
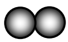
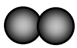
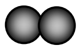
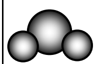
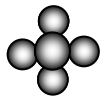
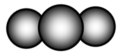
례: 두 산소원자들사이의 공유결합

공유결합은 두 원자의 전자구름이 겹쳐져 두 핵사이의 전자구름이 짙어지면서 일어난다.

— 공유결합이 이루어지는 경우

· 전기음성도가 큰 음성원소의 원자들사이에 공유결

합이 이루어진다. 즉 성질이 같은 음성원소의 원자들사이와 성질이 비슷한 음성원소의 원자들사이에 이루어진다.

물질 / 구분	수소	산소	질소	물	메탄	이산화탄소
분자식	H_2	O_2	N_2	H_2O	CH_4	CO_2
구조식	H—H	O=O	N≡N			O=C=O
결합	단결합	2중결합	3중결합	단결합	단결합	2중결합
분자의 구조모형						

다시말하여 전기음성도의 차(Δx)가 없거나 매우 작은 음성원소의 원자들사이에서 공유결합이 이루어진다.

$\Delta x=0$ 또는 $\Delta x<1.7$일 때

례: H의 전기음성도 : 2.1

Cl의 전기음성도 : 3.0

$\Delta x=3.0-2.1=0.9$

원자결정(공유결합결정)

원자들사이의 공유결합으로 이루어진 결정을 **원자결정**이라고 부른다.

례: 금강석결정, 규소결정, 탄화규소(카보런덤)결정, 석영(SiO_2)결정

— 원자결정의 살창매듭에는 원자들이 규칙적으로 배렬되여있다.

— 탄소의 동소체인 금강석은 전형적인 원자결정이다.

금강석결정을 구성하고있는 탄소원자들은 제가끔 4개

의 이웃 탄소원자들과 공유결합으로 든든히 결합되여있으며 탄소원자들사이의 거리는 가깝고 꼭 같으며 원자들은 매우 규칙적으로 배렬되여있다.

상식

금강석보다 더 굳은 물질도 있는가

있다.

금강석살창과 꼭같은 구조를 가진 질화붕소(BN: 이것을 흔히 보라존이라고 부른다.)는 굳기에서 금강석을 릉가하며 산화, 전기저항 및 열안정성에 있어서 금강석이 가지고있는 성질보다 더 좋다.

보라존은 진공속에서 2 700℃까지 가열해도 아무런 변화도 일어나지 않으며 공기중에서도 2 000℃까지 견딘다. 그러나 금강석은 900℃에서 불타고만다. 따라서 보라존은 고온공학분야에서 금강석대신 쓰이며 연마제로도 널리 쓰인다.

— 원자결정의 성질

· 원자결정은 녹음점이 매우 높다.

· 원자결정은 매우 굳다.

이것은 결합에네르기가 크고 결합거리가 짧기때문이다.

· 원자결정은 때리면 부서진다. 그것은 공유결합이 한번 끊어지면 그 자리에 다시 이어질수 없기때문이다.

— 원자결정에서 결합거리가 멀어지면 공유결합이 약해지며 굳기가 작아지고 녹음점도 낮아진다.

례:

물질 구분	금강석(C)	카보런덤(SiC)	규소(Si)
결합거리/nm	0.154	0.180	0.235
굳기/모오스	10	9.5	7.0
녹음점/℃	3 550	2 700	1 410

분자결정

분자들사이의 끌힘에 의하여 만들어진 결정을 **분자결정**이라고 부른다.

례: 요드결정, 나프탈린결정, 마른얼음결정, 얼음결정, 류황결정, 흰린결정, 빙초산결정

— 분자결정의 살창매듭에는 분자들이 규칙적으로 배렬되여있다.

— 분자들사이의 호상작용힘을 **반데르왈스힘**이라고 부른다.

반데르왈스힘은 화학결합을 하고있는 원자들사이의 힘보다 훨씬 약하다.

— 분자결정들가운데는 반데르왈스힘과 함께 분자들사이에 수소결합으로 이루어진 결정도 있다.

례: 얼음결정

— 분자결정의 성질

- 분자결정은 녹음점이 낮다.
- 분자결정은 굳지 못하며 잘 부스러진다.
- 분자량이 작은 분자결정은 쉽게 승화된다.

7. 금속결합

자유전자에 의한 금속양이온들사이의 화학결합을 **금속결합**이라고 부른다.

례: 모든 금속에서 원자들사이의 결합

— 금속결합은 전기음성도가 작은 양성원소의 원자들사이에서 이루어지는 화학결합이다.

단순물인 금속을 구성하고있는 원자들은 전기음성도가 작은 양성원소의 원자들이므로 최외전자를 쉽게 내보내고 양이온으로 된다.

례:

$$Na(1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1) \xrightarrow{-1e} Na^+(1s^2\ 2s^2\ 2p^6)$$

$$Mg(1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2) \xrightarrow{-2e} Mg^{2+}(1s^2\ 2s^2\ 2p^6)$$

· 금속원자에서 떨어져나간 전자들은 양이온들사이에서 자유롭게 운동하면서 양이온들과 서로 끌힘을 미치며 양이온들이 뿔뿔이 흩어지지 못하게 한다.

금속안에서 양이온들사이를 자유롭게 운동하는 전자들이라고 하여 자유전자라는 이름을 붙였다.

금속결정

금속결합으로 이루어진 결정을 **금속결정**이라고 부른다.

례: 단순물인 모든 금속들의 결정

— 금속결정의 살창매듭에는 금속양이온들이 놓여있으며 그사이에서 자유전자들이 운동하고있다.

— 금속결정안에서 자유전자들은 어떤 주어진 두 양이온사이에 고정되여있는것이 아니라 모든 양이온들에 공유되여있다.

— 금속의 특성은 결정구조와 밀접한 관계를 가지고있다.

· 금속들이 모두 열과 전기를 잘 흘러보내는것은 금속결정안에 있는 자유전자들이 열과 전기를 나르기때문이다.

· 금속들이 모두 큰 전성(판으로 펴지는 성질)과 연성(줄로 뽑는 성질)을 가지는것은 금속결정안에서 양이온들이 미끄러져도 자유전자들에 의하여 금속결합이 계속 유지되기때문이다.

결정형금속은 금속결합에 의하여 금속원자들이 규칙적으로 배렬된 결정이다.

무정형금속은 금속원자들이 규칙적으로 배렬되지 않은 금속이다.

상식

나노결정합금

나노결정합금은 나노결정립자(립자직경이 약 10nm)조직을 가지는 재료로서 우수한 연자성을 가지는 금속재료이다.

나노결정합금은 보통합금보다 강도와 연성이 높아지는것과 같은 우수한 성질을 가지게 된다.

종전의 연자성결정재료는 자기적특성을 개선하기 위하여 결정립자를 크게 하는 수법을 썼지만 나노결정합금재료는 반대로 나노수준까지 결정립자를 미세화하여 우수한 연자성이 얻어지게 한다.

나노결정합금으로는 스위치전원, 자심의 소형화, 고성능화를 실현할수 있다.

례컨대 보통의 알루미니움합금은 강도가 높지만 높은 온도에서는 강도와 연성이 떨어진다.

그러나 알루미니움결정속에 나노수준의 준결정립자를 분산시켜 만든 준결정분산형알루미니움합금은 높은 온도에서도 강도가 보장되며 연성, 탄성 및 내마모성이 좋은 알루미니움합금이 얻어진다.

※ 준결정이란 결정과 무정형의 중간이며 원자배렬이 규칙적이나 주기성이 유지되지 않는 형태이다.

8. 배위결합

공유전자쌍이 한쪽 원자에서만 제공되여 이루어지는 화학결합을 **배위결합**이라고 부른다.

례: 암모니아분자와 수소이온사이의 결합

$$:NH_3 + H^+ \longrightarrow H^+:NH_3 \longrightarrow NH_4^+$$

— 공유결합에서는 결합하는 두 원자가 제가끔 전자를

내여 공유전자쌍을 만들지만 배위결합에서는 결합하는 두 원자들가운데서 어느 한 원자에 있는 비공유전자쌍이 공유전자쌍으로 된다.

— 배위결합에서는 전자쌍을 내는 분자나 이온을 **주개**라고 부르며 전자쌍을 받는 분자나 이온을 **받개**라고 부른다.

따라서 배위결합을 주개받개결합이라고도 부른다.

— 배위결합에서 주개로 되는 분자나 이온에는 최외전자층에 비공유전자쌍이 있다.

례: $:NH_3$

— 배위결합에서 받개로 되는 분자나 이온에는 전자쌍을 받아들일수 있는 빈 궤도가 있다.

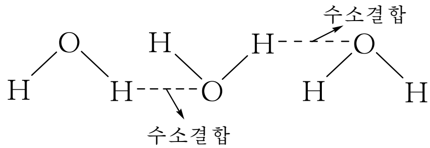
례: 수소이온(H^+)에는 빈 1*s*궤도가 있다.

과도금속의 양이온들에 빈 궤도가 많다.

9. 수소결합

공유결합을 하고있는 전기음성도가 큰 원소(례하면 F, O, N)의 원자와 다른 분자의 수소원자사이에서 이루어지는 화학결합을 **수소결합**이라고 부른다.

례: 물분자들사이의 수소결합



— 수소결합은 전기음성도가 크고 원자반경이 작은 음성원소(F, O, N)의 원자와 다른 분자의 수소원자사이에서만 일어난다.

수소이온(H^+)은 전자가 없는 양이온이므로 다른 원자의 전자구름으로 스며들어가기가 쉽다.

· 불소원자, 산소원자, 질소원자는 전기음성도가 크

면서도 원자반경이 작아서 센 전기마당을 이룬다.

염소원자는 전기음성도는 크지만 원자반경이 커서 그것이 만드는 전기마당이 약하기때문에 수소결합을 이루지 못한다.

— 수소결합은 어떤 분자에 있는 +전기를 띤 수소원자와 옆에 있는 다른 분자속의 -전기를 띤 원자(불소, 산소, 질소원자)의 정전기적끌힘에 의하여 이루어진다.

그러므로 수소결합의 힘은 분자사이의 힘보다는 훨씬 크다.

— 수소결합은 수소이온(H^+)에 가까운 상태의 수소원자와 비공유전자쌍을 가지고있는 전기음성도가 큰 원소의 원자사이에 이루어지는 결합이다. 따라서 수소결합은 배위결합과 비슷한 화학결합이다.(수소원자가 받개이고 다른 원자는 주개이다.)

— 수소결합을 이룬 물질들은 특수한 성질을 나타낸다.

· 수소결합을 이룬 물질들은 끓음점과 녹음점이 매우 높다. 그것은 기체로 넘어가거나 액체로 넘어갈 때 분자사이의 힘만이 아니라 수소결합도 끊어버릴만 한 크기의 에네르기가 필요하기때문이다.

· 수소결합을 이룬 물질들은 몇개분자씩 회합되여있다.

례: 물은 수소결합에 의하여 회합되여있으므로 여러가지 특징적인 성질을 가지고있다.

물의 밀도는 4℃에서 가장 크다. 즉 4℃에서 물의 체적이 제일 작다. 그것은 4℃에서 물 두 분자가 2개의 수소결합에 의하여 회합되여있어 분자사이의 거리가 가장 가까와지기때문이다.

```
  H---O−H
  |   |
H−O---H
```

물질들가운데서 물의 비열이 가장 크다.

10. 화학결합의 극성

공유결합을 하고있는 두 원자의 공유전자쌍이 한쪽 원자(전기음성도가 큰 원소의 원자)에로 더 세게 끌리여 한 원자쪽은 +전기를 띠고 다른 원자쪽은 –전기를 띠였을 때 화학결합은 극성을 띠였다고 한다.

례: H ¦ :Cl　　　H ¦ :O
　　$\delta+$ ¦ $\delta-$　　　$\delta+$ ¦ $\delta-$

— 화학결합이 극성을 띠는것은 결합하고있는 두 원자사이의 겹쳐진 전자구름이 어느 한쪽 원자(전기음성도가 큰 원자)에로 쏠리는것과 관련된다.

례: 수소원자와 염소원자사이에서 겹쳐진 전자구름은 염소원자쪽으로 쏠린다.

— 화학결합이 극성을 띠였는가 그렇지 않았는가에 따라 공유결합을 극성공유결합(간단히 극성결합)과 무극성공유결합(간단히 무극성결합)으로 나눈다.

극성공유결합

전기음성도가 서로 다른 두 원소의 원자들사이의 공유결합을 **극성공유결합**이라고 부른다.

례: H와 Cl, H와 O, C와 O, S과 O

— 극성공유결합에서 공유전자쌍은 언제나 전기음성도가 큰 원소의 원자쪽으로 쏠린다.

— 극성공유결합을 하고있는 두 원소의 전기음성도차가 클수록 결합의 극성이 더 크다.

무극성공유결합

전기음성도가 같은 원소의 원자들사이의 공유결합을 **무극성공유결합**이라고 부른다.

례: H와 H, Cl와 Cl, O와 O

— 무극성공유결합은 한가지 원소의 두 원자사이에서 일어난다. 따라서 원소의 전기음성도차가 없다.

— 무극성공유결합에서 공유전자쌍은 어느 원자쪽으로도 쏠리지 않는다.

례: H : H   O : : O

11. **분자의 극성**

전기음성도가 서로 다른 원소의 원자들로 구성된 분자들가운데는 +전기의 중심과 -전기의 중심이 일정한 거리를 두고 갈라져있는것이 있다.

이때 분자는 극성을 띠였다고 한다.

례: HCl분자, H_2O분자, NH_3분자, SO_2분자

— 분자가 극성을 띠였는가 띠지 않았는가에 따라 분자를 극성분자와 무극성분자로 나눈다.

— 극성분자로 된 물질과 무극성분자로 된 물질의 성질은 서로 다르다.

· 극성분자로 된 기체는 무극성분자로 된 기체보다 액화되기 쉽다.

례: 수증기와 암모니아기체는 쉽게 액체로 되지만 수소나 산소기체는 액체로 되기 힘들다.

· 극성분자로 된 기체는 무극성분자로 된 기체보다 물에 더 잘 용해된다.

례: 염화수소기체와 암모니아기체는 물에 많이 용해되지만 수소기체와 산소기체는 매우 적게 용해된다.

극성분자

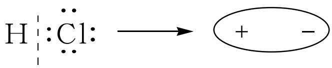
분자전체로서는 전기적으로 중성이지만 그안에 +극과 –극을 가지고있는 분자 즉 극성을 띠고있는 분자를

극성분자라고 부른다.

례: HCl분자, H_2O분자, NH_3분자

— 2원자분자에서는 결합이 극성을 띠면 분자도 극성을 띤다.

례:

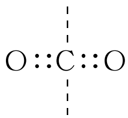


(극성결합) (극성분자)

— 여러원자분자에서는 분자의 극성이 결합의 극성에만 관계되는것이 아니라 원자들의 배치상태(대칭적으로 놓여있는가 비대칭적으로 놓여있는가)에도 의존한다.

· 원자들이 대칭적으로 놓여있는 분자는 극성을 띠지 않는다.

례: CO_2

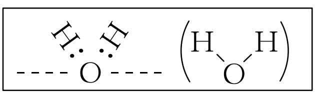


C와 O사이의 결합은 극성을 띠지만 분자전체로서는 극성을 띠지 않는다. 그것은 +전기의 중심과 —전기의 중심이 일치하기때문이다.

· 원자들이 비대칭적으로 놓여있는 분자는 극성을 띤다.

례:

H_2O



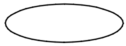
이런 분자안에서는 +전기의 중심과 —전기의 중심이 일치되지 않으며 따라서 분자는 +극과 –극을 가진다.

무극성분자

분자안에 +극과 –극을 가지고있지 않는 분자 즉 극성을 띠지 않은 분자를 **무극성분자**라고 부른다.

례: O_2분자, Cl_2분자, CH_4분자

— 2원자분자에서는 결합이 극성을 띠지 않으면 분자도 극성을 띠지 않는다.

례: Cl : Cl 

(무극성결합) (무극성분자)

— 여러원자분자에서는 원자들이 대칭적으로 배치되여 있는 분자가 무극성분자이다.

례: CH_4 … 바른4면체구조(대칭구조)

12. 시그마결합과 파이결합

결합을 이루는 전자구름들의 모양과 겹쳐지는 방향에 따라 공유결합을 시그마결합(σ결합)과 파이결합(π결합)으로 나눈다.

시그마결합

두 원자의 핵을 잇는 선(결합축)우에서 전자구름들이 겹쳐져서 이루어진 공유결합을 **시그마결합**(σ 결합)이라고 부른다.

례: H원자와 Cl원자사이의 결합(그림 1—1)

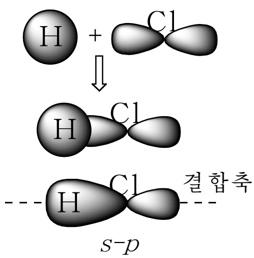
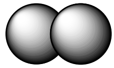


그림 1—1. H와 Cl사이의 σ결합이 이루어지는 모양

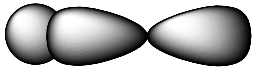
— 모든 단결합은 σ결합이다.

— σ결합은 모든 전자구름(혼성화되지 않은것과 혼성화된것)이 결합축방향으로 겹쳐져서 이루어진다.

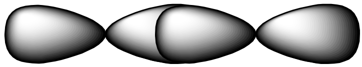
례: *s*전자구름과 *s*전자구름사이



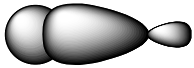
*s*전자구름과 *p*전자구름사이



*p*전자구름과 *p*전자구름사이



*s*전자구름과 *sp*전자구름사이



— σ결합에서 겹쳐진 전자구름(σ전자구름)은 결합축에 대칭으로 놓여있다.(그림 1—2)

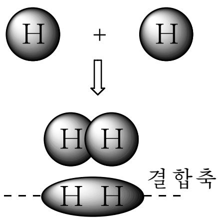


그림 1—2. H_2분자가 이루어질 때 전자구름이 겹치는 모양과 H_2의 전자구름

파이결합

두 원자의 핵을 잇는 선(결합축)에 수직인 2개의 *p*전자구름이 서로 옆으로 겹쳐지면서 이루어진 공유결합을 **파이결합**(π결합)이라고 부른다.

례: 에틸렌분자에서의 π결합

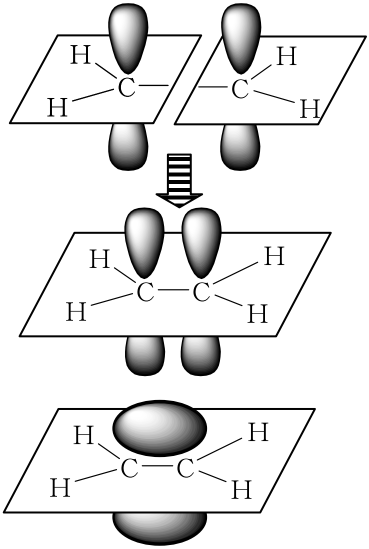


그림 1—3. 에틸렌분자에서 π결합

— 2중결합, 3중결합에서 하나는 σ결합이고 나머지는 π결합이다.

—π결합은 두 p전자구름이 결합축에 대하여 수직인 방향에서 겹쳐져서 이루어진다.

—π결합에서 겹쳐진 전자구름(π전자구름)은 결합축에 수직으로 놓인다.

—π결합은 σ결합보다 약하다. 그것은 σ결합에서 전자구름들은 핵에 가까운 결합축의 좁은 범위에서 겹쳐지므로 겹쳐진 전자구름의 밀도가 크지만 π결합에서 전자구름들은 핵으로부터 멀리 떨어진 넓은 범위에서 겹쳐지므로 겹쳐진 전자구름의 밀도가 작기때문이다.

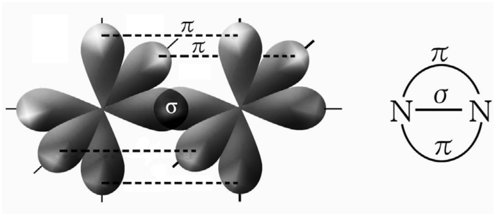


그림 1—4. 질소분자에서의 결합

례: C_2H_4분자에서 두 탄소원자사이의 σ결합에네르기는 263.2kJ/mol이고 π결합에네르기는 157.4kJ/mol이다.

그러므로 π결합을 가지고있는 물질들은 부가반응과 중합반응을 잘 일으킨다.

13. 혼성궤도

원자의 서로 다른 전자구름들이 섞여져서 만들어진 새로운 전자구름을 **혼성궤도**라고 부른다.

례: *sp*혼성궤도, sp^2혼성궤도, sp^3혼성궤도

— 전자구름들이 섞여져서 새로운 전자구름으로 된다고 보는 혼성화리론은 분자를 구성하고있는 원자들사이의 결합거리와 결합각 그리고 분자의 구조를 설명하기 위하여 생각해낸 리론이다.

그러므로 혼성화리론은 분자를 이룰 때만 적용되며 원자에서는 적용되지 않는다.

— 혼성궤도가 참가하는 공유결합은 다 σ결합이다.

— *sp*혼성궤도는 1개의 *s*궤도와 1개의 *p*궤도가 섞여져서 생긴 2개의 꼭같은 혼성궤도로 되여있다.(그림 1—5)

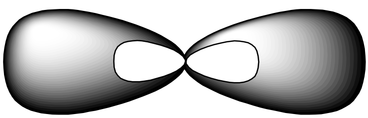


그림 1—5. *sp*혼성궤도

sp혼성궤도로 이루어진 분자는 직선구조를 가진다.

례를 들면 $BeCl_2$의 분자모형을 들수 있다.

— sp^2혼성궤도는 1개의 s궤도와 2개의 p궤도가 섞여져서 생긴 3개의 꼭같은 혼성궤도로 되여있다.(그림 1—6)

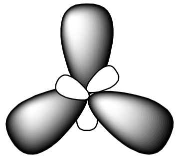


그림 1—6. sp^2혼성궤도

sp^2혼성궤도로 이루어진 분자는 평면구조를 가진다. 례를 들면 BF_3의 분자모형을 들수 있다.

— sp^3혼성궤도는 1개의 s궤도와 3개의 p궤도가 섞여져서 생긴 4개의 꼭같은 혼성궤도로 되여있다.(그림 1—7)

sp^3혼성궤도로 이루어진 분자는 바른4면체구조를 가진다. 례를 들면 CH_4의 분자모형을 들수 있다.

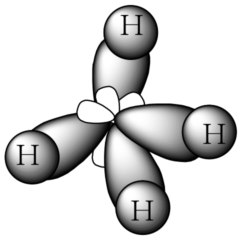


그림 1—7. CH_4의 sp^3혼성궤도

제4장. 용 액

1. 용액

소금과 같이 용해되는(풀리는) 물질을 **용질**이라고 부르고 물과 같이 다른 물질을 용해시키는 물질을 **용매**라고 부른다.

용매에 용질이 풀리면서 고르롭게 퍼지는 현상을 **용해**라고 부르며 용매에 용질이 용해된 고르로운 혼합물을 **용액**이라고 부른다.

례: 소금용액, 사탕용액

용매가 물인 용액을 **수용액**이라고 부른다.

용액을 크게 전해질용액과 비전해질용액으로 나눈다.

2. 전해질용액

물에 전해질이 용해되여있는 용액을 **전해질용액**이라고 부른다.

례: 소금용액, 류산용액

— 전해질용액에서는 용질이 이온으로 해리되여있다. 그래서 이온용액이라고도 부른다.

— 전해질용액에는 이온이 있으므로 전기전도성이 있다.

전해질

수용액에서 이온으로 해리되는 물질을 **전해질**이라고 부른다.

례: 소금, 류산, 수산화나트리움

— 산, 염기, 염에 속하는 물질들은 모두 전해질이다.

— 전해질이 물에 용해될 때 떨어져나가는 알갱이는 이온들이다. 전해질이 이온으로 갈라지는 현상을 **전해질해리**라

고 부른다.

— 전해질에는 센전해질과 약전해질이 있다.

센전해질은 용액에서 거의 모두 이온으로 해리되는 전해질이며 약전해질은 일부만이 이온으로 해리되는 전해질이다.

례: 센전해질: 센산(HCl, HNO_3, H_2SO_4)
센염기($NaOH$, KOH, $Ca(OH)_2$)
물에 잘 용해되는 염($NaCl$, KNO_3)
약전해질: 약산(H_2CO_3, H_2S, CH_3COOH 등)
약염기($NH_3 \cdot H_2O$, $C_6H_5NH_2$ 등)

3. 비전해질용액

물에 비전해질이 용해되여있는 용액을 **비전해질용액**이라고 부른다.

례: 사탕용액, 뇨소용액

— 비전해질용액에는 용질알갱이들이 분자형태로 들어있다. 그래서 분자용액이라고도 부른다.

— 비전해질용액에는 이온이 없으므로 전기전도성이 없다.

비전해질

수용액에서 이온으로 해리되지 않는 물질을 **비전해질**이라고 부른다.

례: 사탕, 뇨소, 알콜

— 산, 염기, 염을 제외한 무기물질들과 유기물질의 대부분이 비전해질이다.

— 비전해질이 물에 용해될 때 떨어져나가는 알갱이는 분자들이다.

4. 완충용액

센산이나 센염기를 조금 넣어도 pH(페하)가 거의 변하지 않는 용액을 **완충용액**이라고 부른다.

— 완충용액으로 되는것은 약산과 그 염이 섞인 수용액, 약염기와 그 염이 섞인 수용액들이다.

례: · 개미산완충용액

$HCOOH + HCOONa$수용액(pH=3.7)

· 초산완충용액

$CH_3COOH + CH_3COONa$수용액 (pH=4.7)

· 암모니아완충용액

$NH_3 + NH_4Cl$수용액 (pH=9.3)

(여기서 pH값은 조성을 1:1로 하였을 때의것이다.)

— 초산완충용액이 완충작용을 하는 원인은 다음과 같다.

수용액에서 약전해질인 초산은 일부만이 해리되고 센전해질인 초산나트리움은 완전히 해리된다.

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

혼합용액에서는 CH_3COO^-의 농도가 커지므로 초산의 해리평형이 왼쪽으로 이동한다. 그 결과 혼합용액의 수소이온농도는 초산용액에서보다 작아진다.

초산완충용액에 센산을 조금 넣으면 들어간 H^+이 CH_3COO^-과 만나 CH_3COOH을 만들어버리므로 $[H^+]$는 거의 변하지 않으며 따라서 pH가 일정하게 유지된다.

또한 초산완충용액에 센염기를 조금 넣으면 들어간 OH^-이 H^+과 만나 H_2O을 만들며 이때 없어진 H^+을 보충하려고 초산의 해리가 일어난다.

결과 용액의 $[H^+]$는 거의 변하지 않으며 따라서 pH가 일정하게 유지된다.

— 완충용액들은 생체안의 용액들에서 중요한 역할을 하며 생산실천과 실험실에서 진행되는 여러가지 실험 그리고 과학연구사업에서 용액의 pH를 일정하게 유지하는데 널리 리용되고있다.

5. 콜로이드용액

분산매가 액체인 콜로이드분산계(액체졸)를 **콜로이드용액**이라고 부른다.

— 콜로이드용액은 액체분산매에 콜로이드알갱이들이 흩어져있는 분산계이다.

— 콜로이드용액은 보통용액(진용액)과 구별되는 성질을 가지고있다.

· 콜로이드용액은 틴달현상을 일으킨다.

콜로이드용액에 센 빛을 비쳐주면 빛이 지나가는 길이 뽀얗게 흐려보인다. 이런 틴달현상이 일어나는것은 콜로이드알갱이들이 빛을 사방으로 흩어지게 하기때문이다.

틴달현상은 콜로이드알갱이의 크기와 관련된 현상이다.

· 콜로이드용액에서는 전기영동현상이 일어난다.

콜로이드용액에 직류를 흘러보내면 콜로이드알갱이들이 어느 한쪽 극으로 옮겨간다.

이런 현상이 일어나는것은 콜로이드알갱이들이 같은 부호의 전기를 띠고있기때문이다.

· 콜로이드용액은 쉽게 응결된다.

콜로이드용액에 열을 주거나 다른 물질(전해질)을 작용시킬 때 콜로이드알갱이들이 응결되여 가라앉는다.

콜로이드용액에서의 응결은 콜로이드알갱이들이 전기적밀힘을 이겨내고 매우 가까이 다가들었거나 전해질의 작용으로 콜로이드알갱이들이 띠고있던 전기를 잃어버린 결과에 일어난다.

6. 고분자화합물용액

액체용매에 고분자화합물을 용해시킨 용액을 **고분자화합물용액**이라고 부른다.

례: · 물에 젤라틴을 용해시킨 용액

· 벤졸에 생고무를 용해시킨 용액

— 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 비슷한 성질을 가지고있다.

고분자의 크기가 콜로이드알갱이의 크기와 비슷하므로 틴달현상과 전기영동현상이 나타난다.

— 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 다르다.

· 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 달리 매우 안정하다.

그것은 콜로이드알갱이는 겉면이 커서 큰 겉면에네르기를 가지지만 개별적고분자는 겉면이 없으므로 겉면에네르기도 없기때문이다.

※ 콜로이드용액에서 콜로이드알갱이는 수천수만개의 분자나 이온들이 모여붙어 이루어진 알갱이로서 겉면(서로 다른 모임상태 또는 서로 다른 물질들사이의 경계면)을 가지고있다. 그러나 고분자화합물용액에서 고분자는 콜로이드알갱이와 크기는 비슷하지만 모여붙어 이루어진것이 아니라 개별분자상태로 하나하나 흩어져있기때문에 분자, 이온용액과 마찬가지로 겉면을 가지지 않는다.

· 콜로이드용액에서는 전해질을 조금만 넣어도 콜로이드알갱이들이 응결되지만 고분자화합물용액에는 전해질을 대단히 많이 넣어야 침전물이 생긴다.

— 고분자화합물용액을 콜로이드용액에 조금 넣으면 용액이 매우 안정하여진다.

그것은 고분자들이 콜로이드알갱이를 둘러싸서 그것들이 서로 응결되지 못하게 하기때문이다.

이것을 콜로이드용액에 대한 고분자화합물의 보호작용이라고 부른다.

7. 경수와 연수

물속에 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들이 많이 들어있으면 물이 세다고 하며 **경수**라고 부른다. 그리고 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들이 적거나 거의 없는 물을 보통 물이 연하다고 하며 **연수**라고 부른다.

경수나 연수에는 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들이 탄산수소염이나 류산염형태로 용해되여있다.

경수의 나쁜 점

경수는 보이라관에 물때가 끼게 한다. 보이라관안에 물때가 1mm만 끼게 되면 석탄이 5%나 랑비된다.

화력발전소의 증기보이라에 물때가 끼면 전기생산에 막대한 지장을 준다. 화학공업에서 경수를 쓰면 제품들의 순도가 떨어지며 방직공업에서는 염색이 잘 안된다. 그러므로 경수는 반드시 연수로 만들어 써야 한다.

경수속에 있는 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들을 없애고 연수로 만드는 과정을 **경수의 연화**라고 부른다.

경수의 연화방법

경수를 연화하는 가장 간단한 방법은 경수를 끓이는것이다.

경수를 끓이면 불안정한 탄산수소이온이 분해되여 탄산이온으로 되고 탄산이온은 Ca^{2+}(또는 Mg^{2+})과 결합하여 탄산염으로 침전된다.

$$2HCO_3^- = CO_3^{2-} + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$$

이 두 방정식을 알기 쉽게 다음과 같이 하나의 방정식으로 써도 된다.

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

화학적인 방법으로 수산화칼시움이나 탄산나트리움을 작용시켜 경수를 연화할수도 있다.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

이밖에도 이온교환수지를 리용하는 물의 연화방법도 있다.

8. 용해도

주어진 온도에서 정해진 량의 용매에 최대로 용해될수 있는 용질의 량을 **용해도**라고 부른다.

— 물질의 용해도는 용매의 종류, 온도, 압력에 따라 달라진다.

고체의 용해도

고체의 용해도는 주어진 온도에서 용매 100g에 최대로 용해될수 있는 용질의 질량(g)으로 나타낸다.

례: 방온도(20℃)에서

소금의 용해도 35.9g/100g물

사탕의 용해도 20.39g/100g물

— 고체의 용해도는 일반적으로 온도가 높아질수록 커진다.

례: KNO_3의 용해도

온도/℃	0	20	40	60	80	100
용해도/g·100g물$^{-1}$	13.3	31.6	63.9	109.9	169	245

고체의 용해도는 용매의 종류에 따라 달라진다.

례: 소금의 용해도가 물에서는 크지만 벤졸에서는 대단히 작다.

기체의 용해도

기체의 용해도는 주어진 온도에서 용매 100mL에 최대로 용해될수 있는 기체의 체적(mL)으로 나타낸다.

례: 방온도(20℃)에서

산소의 용해도 3.1mL/100mL물

— 기체의 용해도는 온도가 높아짐에 따라 작아진다.

례: 물에서 O_2의 용해도

온도/℃	0	20	40	60
용해도/mL·100mL물$^{-1}$	4.9	3.1	2.3	1.9

— 기체의 용해도는 기체의 압력을 높이면 커지고 압력을 낮추면 작아진다.

9. 용액의 농도

용액의 짙고 묽은 정도를 표현하기 위하여 농도라는 개념을 쓴다.

용액의 농도는 크게 퍼센트농도와 몰농도로 나누어볼수 있다.

퍼센트농도

용액의 전체 질량에서 용질이 차지하는 질량을 퍼센트(%)로 나타낸 농도를 **퍼센트농도**라고 부른다.

$$\text{퍼센트농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

용액의 질량 = 용질의 질량 + 용매의 질량

퍼센트농도는 용액 100g속에 용해되여있는 용질의 질량(g)과 같다.

례를 들어 소금용액 100g속에 소금이 10g 용해되여있으면 10% 소금용액이며 20g 용해되여있으면 20% 소금용액이다.

퍼센트농도는 간단히 질량몫(ω)으로 나타내기도 한다.

$$\omega=\frac{m_{용질}}{m_{용액}}$$

$m_{용액}$: 용액의 질량, $m_{용질}$: 용질의 질량

퍼센트농도는 질량몫과 다음과 같은 관계에 있다.

$$\omega=\frac{퍼센트농도}{100}$$

례제 1: 소금용액 200g에 소금이 50g 용해되여있다. 이 용액은 몇퍼센트농도인가?

풀이. 퍼센트농도＝ $\frac{m_{용질}}{m_{용액}}\times100=\frac{50}{200}\times100=25(\%)$

답. 25%

례제 2: 알콜용액 300g속에 에틸알콜이 120g 용해되여있다. 이 용질의 질량몫(또는 퍼센트농도)은 얼마인가?

풀이. $\omega=\frac{m_{용질}}{m_{용액}}=\frac{120}{300}=0.4(40\%)$ **답**. 0.4

례제 3: 20%(ω=0.2) 가성소다용액 150g속에는 가성소다 NaOH가 몇g 용해되여있는가?

풀이. $m_{용질}=\omega\cdot m_{용액}=0.2\times150=30(g)$

답. 30g

례제 4: 밀도가 1.2g/cm^3인 20% 염산용액 100mL속에는 염산 HCl이 몇g 들어있겠는가?

풀이. $m_{용액}=\rho\cdot V_{용액}=1.2g/cm^3\times100cm^3=120g$

$m_{용질}=\omega\cdot m_{용액}=0.2\times120g=24g$ **답**. 24g

상식

맥주병과 술병에 표시한 《도(°)》는 같은가

우리는 생활에서 맥주병에 11°, 12° 또는 14°라는 표시가 있는것을 볼수 있다. 사람들은 이것을 맥주에 들어있는 에틸알콜의 함량으로 생각하는데 사실은 그런것이 아니다.

맥주는 술과 다르다.

맥주는 보리와 호프를 원료로 하여 알콜함량이 적게 만든 탄산발효음료이다.

일반적으로 술의 도수는 에틸알콜의 함량을 표시한것이고 맥주의 도수는 그속에 있는 당분의 함량 또는 당도를 표시한것이다.

그러면 맥주의 당도를 표시한다는것은 무슨 뜻이며 어떻게 당도로 맥주의 도수를 표시할수 있는가.

그것은 맥주를 만드는 원료가 보리인데 보리의 발효액에 들어있는 길금당만이 에틸알콜로 변화되고 나머지 당들은 남아있게 된다.

즉 에틸알콜의 함량이 매우 낮다.

그러므로 100mL의 발효액에 12g의 당이 포함되여있으면 12°로, 100mL의 발효액에 14g의 당이 포함되여있으면 이 발효액으로 만든 맥주는 14°라고 표시하는것이다.

즉 맥주에서는 알콜과 함께 낟알과 보리길금에서 넘어온 영양물질들, 방향성약초인 호프의 유효성분과 향기 및 발효에서 생긴 탄산가스가 들어있다.

이로부터 맥주는 술이 아니며 주정이 매우 약한 청량음료라는것을 알수 있다.

몰농도

용액 1L에 용해되여있는 용질의 물질량으로 나타낸 농도를 **몰농도**라고 부른다.

례를 들어 용액 1L에 용질이 1mol 용해되여있으면 1mol/L용액이고 $n$mol 용해되여있으면 $n$mol/L용액이다.

몰농도의 정의로부터 그 단위는 mol/L이다.

몰농도를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$c=\frac{n}{V}$$

c: 몰농도, n: 용질의 물질량, V: 용액의 체적

몰농도는 용질의 알갱이수와 관련된 농도이다.

몰농도가 같고 체적이 같은 용액속에는 용질의 종류에 관계없이 같은 수의 용질알갱이들이 들어있다.

례제 1: 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 9.8g 용해되여있을 때 류산용액의 몰농도는 얼마인가?

풀이. ① 류산 9.8g은 몇mol인가?

류산 1mol : 98g

x : 9.8g

$$x=\frac{9.8\text{g}}{98\text{g}}\times 1\text{mol}=0.1\text{mol}$$

② 류산용액의 몰농도는 얼마인가?

주어진 류산용액의 체적은 1L이므로 결국 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 0.1mol 용해되여있다.

그러므로 류산용액의 몰농도는 0.1mol/L이다.

몰농도식을 써서 계산하면

$$C=\frac{n}{V}=\frac{\frac{m}{M}}{V}=\frac{\frac{9.8\text{g}}{98\text{g/mol}}}{1\text{L}}=0.1\text{mol/L}$$

답. 0.1mol/L

례제 2: 250mL의 류산용액속에 H_2SO_4이 9.8g 용해되여있을 때 류산용액의 몰농도는 얼마인가?

풀이. ① 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 몇g 용해되여있겠는가?

$$0.250\text{L} : 9.8\text{g}$$
$$1\text{L} : x$$
$$x = \frac{1\text{L}}{0.250\text{L}} \times 9.8\text{g} = 39.2\text{g}$$

② H_2SO_4 39.2g은 몇mol인가?

$$1\text{mol} : 98\text{g}$$
$$y : 39.2\text{g}$$
$$y = \frac{39.2\text{g}}{98\text{g}} \times 1\text{mol} = 0.4\text{mol}$$

즉 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 0.4mol 용해되여있으므로 0.4mol/L용액이다.

몰농도식을 써서 계산하면

$$C = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{\frac{9.8\text{g}}{98\text{g/mol}}}{0.250\text{L}} = 0.4\text{mol/L}$$

답. 0.4mol/L

10. 용액의 페하(pH)

수소이온농도의 상용로그의 –값을 **페하**라고 부른다. 그리고 기호 pH로 나타낸다.

$$\text{pH} = -\lg c_{\text{H}^+}$$

따라서 $C_{\text{H}^+} = 10^{-x}$인 경우 pH=x이다.

이로부터 수용액의 중성, 산성, 염기성을 페하로 나타내면 다음과 같다.

중성 $pH=-\lg 1\times10^{-7}=7$

산성 $pH<7$ (6, 5, 4)

염기성 $pH>7$ (8, 9, 10)

묽은 수용액에서 페하값의 범위는 0~14까지로 정한다.

상식

산성식료품, 알카리성식료품이란 무엇인가

일부 사람들은 시큼한 포도나 사과와 같은 과일을 산성식료품이라고 생각하고있다. 그러나 사실 식료화학에서 산성식료품, 염기성식료품이라고 하는것은 식료품자체의 산, 염기성을 가리키는것이 아니라 그것이 소화, 흡수, 분해된 다음 인체내에서 나타내는 영향을 두고 하는 말이다.

실례로 흰쌀, 밀가루, 돼지고기, 닭알 등은 광물질영양소중에서 알카리성원소보다 산성원소인 류황, 린, 염소 등을 더 많이 가지고있는데 몸안에서 소화되여 H_3PO_4, HCl 등으로 변하면서 인체에서 산성을 나타내기때문에 산성식료품이라고 부른다.

그러나 과일, 남새 등은 먹을 때에는 신맛을 가지지만 분해되여 염기성원소(Na, K, Ca, Mg)들만이 몸안에 남는데 이 염기성원소들은 산성원소(Cl, S, O, P)들에 의하여 생긴 류산, 린산, 염산 등을 중화하여 염을 만든 다음 배설된다. 몸안에서 이렇게 작용하는 식료품을 염기성식료품이라고 부른다.

11. 전해질의 해리도

물에 용해된 전해질의 물질량과 이온으로 해리된 전해질의 물질량과의 비를 **해리도**라고 부른다.

$$\alpha=\frac{\text{해리된 전해질의 물질량}(n')}{\text{용해된 전해질의 물질량}(n)}$$

— 해리도(α)는 물에 용해된 전해질가운데서 해리된 전해질의 몫이라고 볼수 있다. 그러므로 백분률(%)로도 나타낸다.

$$\alpha = \frac{n'}{n} \times 100\ (\%)$$

— 해리도는 약전해질이 해리되는 정도를 나타낸다.

례: 물에 용해된 전해질 0.1mol가운데서 0.001mol이 해리되였다면

$$\alpha = \frac{0.001\text{mol}}{0.1\text{mol}} = 0.01$$

또는

$$\alpha = \frac{0.001\text{mol}}{0.1\text{mol}} \times 100 = 1\ (\%)$$

해리도가 1%라는것은 약전해질의 분자 100개가운데서 1개가 해리되였다는것을 의미한다.

— 센전해질용액에서는 해리도라는 말이 적용되지 않는다. 그것은 센전해질은 모두 이온으로 해리되기때문이다.

— 약전해질의 해리도는 전해질용액의 농도가 작을수록 커진다.

그것은 농도가 작아지면 이온들사이의 거리가 멀어져 분자화과정보다 이온화과정이 더 잘 일어나기때문이다.

$$\text{전해질분자} \underset{\text{분자화}}{\overset{\text{이온화}}{\rightleftarrows}} \text{양이온} + \text{음이온}$$

제5장. 화학반응과 전지

1. 화합과 분해

두가지이상의 물질로부터 한가지의 새로운 물질이 생기는 반응을 **화합반응**(간단히 **화합**)이라고 부른다.

$$S + O_2 = SO_2$$

$$Fe + S = FeS$$

우에서와 같은 화합반응은 산화환원반응이지만 그렇지 않은것도 있다.

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

한가지물질로부터 두가지이상의 새로운 물질이 생기는 반응을 **분해반응**(간단히 **분해**)이라고 부른다.

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

이와 같이 분해반응도 산화환원반응인것과 산화수의 변화가 없는 분해반응이 있다.

일화 **빨래통에서 찾아낸 부유선광법의 원리**

19세기말에 에바손이라는 부인이 분석실에서 일하는 오빠에게 광석시료를 보내기 위해서 주머니를 찾고있었다. 그런데 주머니에 모두 기름이 묻어 빨지 않으면 안되였다. 그는 시료주머니를 빨래통에 넣었다. 얼마후 빨래통을 들여다본 그는 감짝 놀랐다. 글쎄 보드라운 광석알갱이들이 물에 떠올라 번쩍번쩍 빛을 뿌리고있었다. 반면에 빨래통아래에는 일부 광석알갱이들이 깔려져있었다. 그는 세밀히 물우에 떠오른 광석알갱이들을 보면서 광석알갱이에 기름막이 씌워져있는것을 알아낼수 있었다. 오늘날 광산들에서 선광하는데 많이 쓰이고있는 부유선광법은 이렇게 발명되였던것이다.

2. 치환반응

화합물안의 원자 또는 원자단이 다른 원자 또는 원자단으로 갈리우는 반응을 **치환반응**이라고 부른다.

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{빛}} CH_3Cl + HCl$$

$$C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$$

보통 수소원자를 다른 원자단으로 치환하여 얻는 화합물들을 본래 화합물의 **치환유도체**라고 부른다.

례를 들면 할로겐유도체, 산소유도체, 질소유도체 등을 들수 있다.

일화

초타는 냄새에서

프랑스의 화학자인 뒤마는 어느날 궁전에서 열리는 모임에 참가한 일이 있었다. 당시에는 전등이 없었기때문에 천정에 수많은 초불을 달아매놓고 조명을 보장하였다.

모임장소에 들어간 뒤마는 코를 찌르는듯 한 어떤 냄새가 느껴졌다.

자세히 살펴보니 무리등의 초불에서 나는 냄새였다.

뒤마는 겉으로 보기에는 여느 초와 다름이 없는데 초불이 탈때면 염화수소냄새가 난다는것을 알아내였다. 그리하여 그는 그 초를 제조한 공장에 찾아가서 한 공정 한 공정을 검토하는 과정에 원료인 초를 표백할 때 사용한 염소가 초의 조성속에 들어간것이라는 결론을 내리게 되였다.

뒤마는 많은 종류의 유기화합물을 할로겐원소들인 염소나 브롬과 작용시켜보았는데 유기화합물의 수소가 같은 량의 할로겐원소와 치환된다는 사실을 알게 되였으며 이 치환반응이 례상외로 화학적성질을 변화시킨다는 사실을 발견하였다. 이렇게 뒤마는 유기화학에서 중요한 반응인 치환반응을 발견하였던것이다.

3. 중화반응

산과 염기가 반응하여 염과 물이 생기는 반응을 **중화반응**이라고 부른다.

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + 2H_2O$$

중화반응의 리용

① 토양개량에 리용된다.

벼, 강냉이와 같은 농작물들은 알맞는 산도가 보장된 땅에서 잘 자란다.

토양의 산도가 작물의 성장에 알맞지 않으면 산 또는 염기를 첨가하여 토양의 산도를 맞추어주어야 한다.

산성토양에는 소석회를 쳐서 땅을 중화시킨다.

② 공장의 폐수를 처리하는데 쓴다.

공장에서 생산과정에 리용되면서 오염된 물을 중화시켜 강으로 흘러보낸다.

상식

사이다를 가정에서 쉽게 만들어 먹을수 없을가

있다. 공장에서 나오는 사이다는 사탕물에 압력을 주면서 탄산가스를 불어넣어서 만든다. 그러나 압축기와 탄산가스가 없는 가정에서도 사이다를 쉽게 만들어 먹을수 있다. 먼저 사탕물을 만들어 기체가 새지 않는 마개가 있는 병에 넣는다. 그리고 여기에 식초와 그것을 중화시킬 중조를 1~2숟가락씩 넣고 마개를 막는다.

그러면 식초와 중조가 맹렬하게 반응하여 생기는 탄산가스에 의하여 좋은 사이다가 만들어진다.

$$CH_3COOH + NaHCO_3 = CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

이렇게 만든 사이다도 탄산가스에 의하여 제법 마개가 튀여날 정도로 압력이 생기며 맛이 좋다.

③ 의료부문에서 리용된다.

사람의 위액속에는 보통 0.5%정도의 염산이 들어있다.

그런데 위액의 산도가 높은 과산성환자들에게는 염기성물질이 포함된 건위알약을 먹여 초과된 위산을 중화시킨다.

4. 이온교환반응

이온이 참가하는 반응을 **이온반응**이라고 부른다.

실례로 중화반응

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

에서 HCl, NaOH, NaCl들은 모두 센전해질이므로 화학방정식을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

HCl용액과 NaOH용액을 섞었을 때 Na^+, Cl^-은 용액속에 그대로 있고 물이 생겼다. 이것은 H^+과 OH^-이 결합되여 생긴것이다.

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

이와 같이 반응에 참가한 이온만으로 나타낸 방정식을 **이온방정식**이라고 부른다.

이온방정식을 세우는 방법

① 일어난 반응의 화학방정식을 쓴다.

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$

② 센전해질은 이온식으로 쓰고 잘 용해되지 않는 전해질, 기체 및 약전해질은 화학식그대로 쓴다.

$$CaCO_3 + 2H^+ + 2Cl^- = Ca^{2+} + 2Cl^- + H_2O + CO_2\uparrow$$

③ 반응에 참가한 이온들만으로 이온방정식을 쓴다.

$$CaCO_3 + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2O + CO_2\uparrow$$

이온교환반응이 일어나기 위한 조건

① 이온들사이의 반응에서 침전물이 생겨야 한다.

례: 류산나트리움과 염화바리움용액사이의 반응에서 류산바리움의 흰 침전물이 생긴다.

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$$

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$$

② 이온들사이의 반응에서 기체물질이 생겨야 한다.

례: 탄산나트리움과 류산이 반응하면 이산화탄소기체가 생긴다.

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2\uparrow$$

③ 이온들사이의 반응에서 물과 같은 약전해질이 생겨야 한다.

례: 류산과 수산화나트리움의 중화반응에서 물이 생기며 초산나트리움과 염산과의 반응에서 약전해질인 초산이 생긴다.

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$2H^+ + 2OH^- = 2H_2O$$

$$CH_3COONa + HCl = NaCl + CH_3COOH$$

$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$$

몇가지 물질의 용해성

양이온 / 음이온	H^+	NH_4^+	K^+	Na^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}
OH^-		○	○	○	○	○	×	×
NO_3^-	○	○	○	○	○	○	○	○
Cl^-	○	○	○	○	○	○	○	○
SO_4^{2-}	○	○	○	○	×	○	○	○
CO_3^{2-}	○	○	○	○	×	×	×	△
PO_4^{2-}	○	○	○	○	×	×	×	×

양이온 / 음이온	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Ag^{+}	Pb^{2+}	
OH^-	○	×	×	×	×	△	×	
NO_3^-	○	○	○	○	○	○	○	
Cl^-	○	○	○	○	○	×	×	
SO_4^{2-}	○	○	○	○	○	△	×	
CO_3^{2-}	○	×	×	△	○	×	×	
PO_4^{2-}		×	×	×	×	×	×	

○ 물에 용해됨

× 물에 용해되지 않음

△ 존재하지 않거나 물을 만나면 곧 분해됨

5. 산화환원반응

반응하는 물질들사이에 전자의 이동이 있는 반응(또는 산화수변화가 있는 반응)을 **산화환원반응**이라고 부른다.

$$\overset{+2\ -2}{CuO} + \overset{0}{H_2} = \overset{0}{Cu} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$$

산화환원방정식의 세우기

① 반응물과 생성물의 화학식을 쓰고 산화수변화가 있는 원소들을 찾아 산화제와 환원제를 가른다.

$$\underset{\text{산화제}}{HClO_3} + \underset{\text{환원제}}{P} \longrightarrow H_3PO_4 + HCl$$

② 산화수변화가 있는 원소들로 산화와 환원과정을 전자방정식으로 나타낸다.

$$\overset{+5}{Cl} + 6e \longrightarrow \overset{-1}{Cl} \quad \text{:산화}$$

$$\overset{0}{P} - 5e \longrightarrow \overset{+5}{P} \quad \text{:환원}$$

③ 주고받은 전자수가 같아지도록 결수를 고른다.

$\overset{+5}{Cl} + 6e \longrightarrow \overset{-1}{Cl}$	5	$5\overset{+5}{Cl}\ \ 5\times 6e \longrightarrow 5\overset{-1}{Cl}$
$\overset{0}{P} - 5e \longrightarrow \overset{+5}{P}$	6	$6\overset{0}{P}\ \ 6\times 5e \longrightarrow 6\overset{+5}{P}$

④ 방정식의 량쪽에서 산화수변화가 있는 원소의 전자개수를 맞춘다.

$$5H\overset{+5}{Cl}O_3 + 6\overset{0}{P} \rightarrow 6H_3\overset{+5}{P}O_4 + 5H\overset{-1}{Cl}$$

⑤ 나머지 원소의 원자수를 맞춘다.

$$5HClO_3 + 6P \rightarrow 6H_3PO_4 + 5HCl$$

반응물에서	생성물에서
수소원자 5개	총 수소원자 18+5=23개
산소원자 15개	산소원자 24개

반응이 수용액에서 진행되므로 반응물과 생성물에서 차이나는 수소원자 18개, 산소원자 9개는 물분자로 맞춘다. 즉 $9H_2O$

⑥ 모든 원자수가 같아지면 →를 =로 바꾼다.

$$5HClO_3 + 6P + 9H_2O = 6H_3PO_4 + 5HCl$$

6. 부가반응

π결합이 끊어지고 다른 원자나 원자단이 덧붙는 반응을 **부가반응**이라고 부른다.

$$CH_2{=}CH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}}$$

디브로모에탄

— 생성물인 디브로모에탄분자에는 반응물분자에 있던 π결합이 없어지고 2개의 σ결합이 새로 생겨난다.

— 부가반응에는 수소, 할로겐, 할로겐화수소, 물 및 류산 등이 부가하는 반응들이 있다.

7. 중합반응

갈은 분자 여러개가 결합하여 하나의 큰 분자로 되는 반응을 **중합반응**이라고 부른다.

$$nCH_2{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2-CH_2-)_n$$

에틸렌　　　　　폴리에틸렌

우의 반응에서 에틸렌기체는 고온, 고압조건에서 중합반응을 일으켜 고체상태의 중합체인 폴리에틸렌이 얻어진다. 여기서 n은 **중합도**(중합정도를 표시하는 수)이다.

이때 출발물질은 단위물질이라는 의미에서 단량체라고 말한다. 즉 고분자화합물을 이루는데 참가한 출발물질을 **단량체**라고 부른다.

중합반응을 일으키는 단량체에는 불포화탄화수소들과 그의 유도체들이 있다.

상식

아닐론은 어떻게 만든 섬유인가

아닐론은 양털을 대신하는 합성섬유이다.

나프사를 열분해할 때 생기는 프로필렌에 암모니아와 산소를 작용시키면 아닐론의 원료인 아크릴니트릴이 얻어진다.

아크릴니트릴을 중합시키면 폴리아크릴니트릴이 얻어진다.

폴리아크릴니트릴은 800~1 500의 중합도를 가지며 이것을 에틸렌카르보나트에 용해시켜 실을 뽑는다.

아닐론은 부드럽고 가벼우며 열과 빛에 잘 견딘다.

또한 퇴성이 좋고 구김살이 잘 가지 않으며 녹음점이 높아 다림질하기도 좋다.

아닐론은 여러가지 약품에도 잘 견딘다.

아닐론은 그대로 또는 양털, 면, 스프, 비날론과 섞어서 쎄타, 뜨개천, 샤쯔천, 양복천, 모포, 작업복 등을 만든다.

례: 에틸렌 $CH_2=CH_2$, 부타디엔 $CH_2=CH-CH=CH_2$, 이소프렌 $CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2$ 등이다.

공장에서는 중합에 의하여 합성수지, 합성섬유, 합성고무 등을 만든다. 많은 경우에 중합반응은 촉매가 있는데서 진행된다.

8. 탈리반응

한분자에서 물(또는 암모니아, 할로겐화수소 등)이 떨어지는 반응을 **탈리반응**이라고 부른다.

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\text{질은 류산}]{170°C} CH_2=CH_2 + H_2O$$

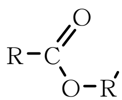
$$C_2H_5-OH \xrightarrow[\text{질은 류산}]{140°C} C_2H_5-O-C_2H_5 + H_2O$$

탈리반응가운데서 물이 떨어지는 반응을 탈수반응이라고 부른다. 탈수제로서는 H_2SO_4, $ZnCl_2$, Al_2O_3, $MgSO_4$ 등이 리용된다. 알콜의 탈수에서는 두 분자의 알콜에서 한 분자의 물이 떨어지면서 에테르를 형성하기도 한다.

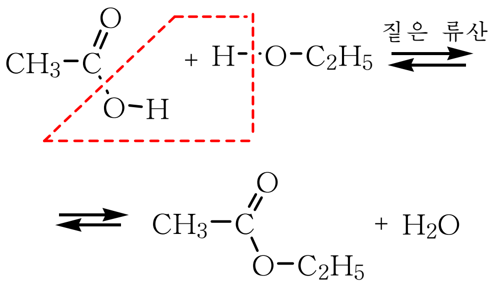
9. 에스테르화반응

산과 알콜이 반응하여 물이 떨어지면서 생기는 물질을 **에스테르**라고 부르며 에스테르가 생기는 반응을 **에스테르화반응**이라고 부른다.

※ 에스테르의 일반식



질은 류산(촉매)이 있는데서 초산과 에틸알콜이 반응하면 초산에틸에스테르가 생긴다.



초산에틸에스테르

10. 축합반응

두개이상의 기능원자단들사이에서 간단한 물질이 떨어지면서 서로 결합하는 반응을 **축합반응**이라고 부른다.

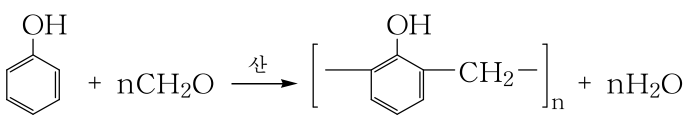
이때 분리되는 화합물로는 물, 할로겐화수소, 할로겐화나트리움, 수소 등이 속한다.

$$C_6H_6 + Cl-CH_3 \longrightarrow C_6H_5-CH_3 + HCl$$

$$CH_3-I + 2Na \longrightarrow CH_3-CH_3 + 2NaI$$

11. 중축합반응

단량체들이 서로 반응할 때 분자량이 작은 물질(물, 암모니아, 염화수소 같은것)이 생기면서 고분자가 얻어지는 반응을 **중축합반응**이라고 부른다.



12. 화학반응속도

단위시간동안에 일어난 반응물 또는 생성물의 농도변화를 **화학반응속도**라고 부른다.

$$v=\pm\frac{c_2-c_1}{t_2-t_1}=\pm\frac{\Delta c}{\Delta t}$$

c_1: 처음농도, 이때 시간 t_1

c_2: 일정한 시간이 지난 다음 농도, 이때 시간 t_2

v : 화학반응속도

여기서 반응속도를 반응물의 농도변화로 나타내면 Δc가 -값을 가진다. 반응속도는 -값이 될수 없으므로 ±부호를 붙여준다.

13. 화학반응속도에 미치는 농도의 영향

화학반응속도는 반응물의 농도가 클수록 빨라진다.

농도가 클수록 화학반응속도가 빨라지는것은 반응물분자(또는 이온)들사이의 충돌수가 많아지기때문이다.

기체들사이의 반응에서는 압력을 높이면 반응속도가 빨라진다.

그것은 단위체적속에 들어있는 반응분자수가 많아져 충돌수가 많아지기때문이다.

고체와 기체, 고체와 액체, 액체와 기체사이의 반응에서는 고체나 액체의 겉면적이 클수록 반응물들사이의 충돌수가 많아져 반응속도가 빨라진다.

일반적으로 화학반응 A + B = AB에서

화학반응속도는 반응물들의 농도적에 비례한다. 이것을 **반응속도에 관한 질량작용의 법칙**이라고 부른다.

$$v=kC_{\mathrm{A}}\cdot C_{\mathrm{B}}$$

비례결수 k를 **반응속도상수**라고 부른다. k는 반응의 종류, 반응온도에 따라 변하며 농도에는 관계없다.

반응속도와 농도사이의 관계를 밝힌 우의 방정식을 **반응속도식**이라고 부른다.

※ 화학반응속도는 반응이 진행되면서 점차 떠진다. 그러므로 우에서 언급된 반응속도는 반응의 평균속도($\overline{v}$)로 된다.

14. 화학반응속도에 미치는 온도의 영향

많은 화학반응들의 속도는 온도를 높이면 빨라진다.

온도를 10℃씩 높일 때마다 화학반응속도는 2~4배 빨라진다.(경험규칙) 여기서 2~4를 **온도결수**라고 부르고 기호 γ로 표시한다.

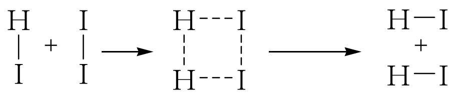
반응그릇의 처음 온도를 t_1, 이때 속도를 v_1 그리고 열을 준 다음 온도를 t_2, 이때 속도를 v_2이라고 하면

$$v_2 = v_1\gamma^{\frac{t_2-t_1}{10}}$$

온도를 높일 때 반응속도가 급격히 빨라지는것은 밖으로부터 에네르기를 받아 활성분자가 갑자기 늘어나면서 활성충돌수가 많아지기때문이다.

반응을 일으킬 정도로 큰 에네르기를 가지고있는 분자를 **활성분자**라고 부르며 활성분자들사이의 충돌을 **활성충돌**이라고 부른다.

화학반응이 일어날 때 반응물은 반드시 활성복합체라는 불안정한 중간물질을 거쳐 생성물로 넘어간다.



반응물 활성복합체(과도상태) 생성물

이 과도상태의 불안정한 물질을 **활성복합체**라고 부른다.

반응물분자들이 활성복합체를 만드는데 필요한 에네르기를 **활성화에네르기**라고 부르며 E_a (kJ/mol)로 표시한다.

활성화에네르기의 크기는 활성복합체의 에네르기와 반응물의 평균에네르기와의 차와 같다.

15. 화학반응속도에 미치는 촉매의 영향

반응물과 작용하여 활성화에네르기를 낮추어 반응속도만을 변화시키고 반응후에는 되살아나는 물질이 **촉매**이다.

촉매는 활성화에네르기를 낮추어 보통분자도 활성분자로 되게 한다. 따라서 활성충돌수가 많아지게 되고 반응속도는 빨라진다.

촉매가 반응속도를 조절하는 작용을 **촉매작용**이라고 부른다.

흔히 반응속도를 빠르게 하는 촉매는 **정촉매**라고 부른다. 반응속도를 늦추어야 할 때 넣는 촉매를 **부촉매**라고 부른다.

촉매에 어떤 다른 물질을 첨가할 때 촉매의 활성과 안정성을 높이는 물질을 **조촉매**라고 부른다. 또한 촉매의 겉면적을 넓히기 위하여 다른 물질에 입혀 쓰는 물질을 **담체**라고 부른다.

촉매는 일정한 특성을 가진다.

상식

나노촉매

나노촉매는 나노기술을 리용하여 촉매의 성능과 기능을 높인 촉매이다.

례를 들어 금나노촉매는 인체에 해로운 일산화탄소를 효과적으로 제거할수 있게 한다. 8~20개의 금원자로 구성된 나노립자를 마그네샤우에 올려놓고 CO와 반응시키면 7℃에서 가장 활발하게 CO_2로 산화된다.

지금까지는 백금, 팔라디움 등의 촉매를 리용하여 수백℃, 수십MPa이상의 조건에서 CO를 변화시켰다. 금나노촉매를 리용하면 고온 및 고압설비가 필요없게 된다.

우선 주어진 조건에서 정해진 반응에 대해서만 활성을 나타낸다. 또한 촉매는 매우 적은 량이라도 많은 량의 반응물에 대하여 촉매작용을 한다. 그리고 촉매는 어떤 물질을 선택하고 어떤 과정을 통해 만들어졌는가에 따라 그 활성이 각이하게 나타난다.

16. 화학반응속도에 미치는 빛의 영향

빛의 작용으로 일어나는 반응을 **빛화학반응**이라고 부른다.

$$H_2 + Cl_2 \xlongequal{\text{빛}} 2HCl \ ; \ \Delta H = -184kJ$$

물질에 비쳐준 빛가운데서 흡수된 빛(빛량자)만이 화학반응을 촉진시킨다. 물질을 통과하거나 반사된 빛은 화학반응에 아무런 영향도 주지 못한다.

반응물에 흡수된 빛은 반응물분자들의 결합을 약화시키거나 분자를 자유로운 원자상태로 만들면서 활성분자수를 늘인다.

17. 화학평형

반응물로부터 생성물이 되는 반응을 **정반응**이라고 부르며 생성물이 반응물로 넘어가는 반응을 **역반응**이라고 부른다.

또한 정반응과 역반응이 함께 일어나는 반응 즉 서로 반대방향으로 일어나는 반응을 **가역반응**이라고 부른다.

$$H_2 + I_2 \underset{\text{역반응}}{\overset{\text{정반응}}{\rightleftarrows}} 2HI$$

그리고 한쪽 방향으로만 일어나는 반응을 **비가역반응**이라고 부른다.

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

가역반응에서 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아져 반응물과 생성물의 농도가 더는 변화되지 않는 상태를 **화학평형상태**라고 부른다.

18. 화학평형의 이동

가역반응

$$H_2 + I_2 \underset{\text{역반응}}{\overset{\text{정반응}}{\rightleftarrows}} 2HI$$

에서 반응이 평형에 이르면 정반응속도와 역반응속도는 같아진다. 그러므로

$$\underset{\text{정반응속도}}{\vec{k}C_{H_2} \cdot C_{I_2}} = \underset{\text{역반응속도}}{\overleftarrow{k}C_{HI}^2}$$

이다.

이로부터 $\dfrac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = \dfrac{C_{HI}^2}{C_{H_2} \cdot C_{I_2}}$ 이다. $\vec{k}$ 와 $\overleftarrow{k}$ 는 상수이므로 그 비도 상수이다. $\dfrac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = K$ 라고 하면

$$K = \frac{C_{HI}^2}{C_{H_2} \cdot C_{I_2}}$$

여기서 K를 **평형상수**라고 부른다.

화학평형상태에서 반응물의 농도적에 대한 생성물의 농도적의 비는 주어진 온도에서 일정하다.(→화학평형법칙)

그리고 이 관계를 나타낸 식을 **평형상수식**이라고 부른다.

기체반응에서 $C = \dfrac{n}{V}$ 이며 $PV = nRT$ 로부터 $n = \dfrac{PV}{RT}$ 이므로

$$C_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{V} = \frac{P_{H_2}}{RT}$$

이다

즉 주어진 온도에서 기체의 몰농도는 기체의 분압에 비례한다.

이로부터 $K_P = \dfrac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \cdot P_{I_2}}$ 이다.

일반적인 기체반응

$$aA + bB \rightleftharpoons dD + eE$$ 에서

평형상수식은

$$K_C = \frac{c_D^d \cdot c_E^e}{c_A^a \cdot c_B^b}, \quad K_P = \frac{P_D^d \cdot P_E^e}{P_A^a \cdot P_B^b}$$ 이다.

한 평형상태가 파괴되고 새로운 평형상태가 이루어지는 과정을 **화학평형이동**이라고 부른다.

· 화학평형상태에서 어느 한 물질의 농도를 크게 하면 그 농도를 작게 하는 방향으로, 반대로 한 물질의 농도를 작게 하면 그 농도를 크게 해주는 방향으로 평형이 이동한다.

· 화학평형상태에 있는 기체반응에서 압력을 높이면 그 압력을 낮추는 즉 체적이 감소하는 방향으로 평형이 이동하며 반대로 압력을 낮추면 그 압력을 높이는 즉 체적이 증가하는 방향으로 평형이 이동한다.

· 화학평형상태에 있는 계의 온도를 높여주면 평형은 그 온도를 낮추는 흡열반응쪽으로 이동하며 온도를 낮추면 평형은 그 온도를 높이는 발열반응쪽으로 이동한다.

평형상태에 있는 반응계에 밖으로부터 어떤 작용을 주면 평형은 그 작용을 감소시키는 방향으로 이동한다. 이것을 **르 샤뗄리에원리**라고 부른다.

19. 화학전지

화학반응(산화환원반응)에 의하여 직접 전류를 얻어내는 장치를 **화학전지**라고 부른다.

화학전지에는 다니엘전지, 볼타전지, 건전지, 연료전지 같은것들이 있다.

— 동판과 아연판을 그 금속의 염용액에 잠그어 만든 전지를 **다니엘전지**라고 부른다.

- 동판과 아연판을 류산용액에 잠그어 만든 전지를 **볼타전지**라고 부른다.

- 금속의 용해평형상태에서 금속과 용액사이의 전위차를 전극의 **산화환원전위**(전극전위)라고 부른다.

전해질용액속에 잠긴 금속을 일반적으로 **전극**이라고 부른다.

- 화학전지를 만들자면

① 활성이 서로 다른 두 금속이 있어야 한다.

② 전해질이 있어야 한다.

양극과 음극의 전극전위차를 **전동력**이라고 부른다.

용액에서 금속이온의 농도가 1mol/L이고 온도가 25℃(298K)인 때의 산화환원전위를 **표준전극전위**라고 부른다.

20. 건전지

가장 많이 쓰이는 건전지는 이산화망간건전지이다.(그림 1-8)

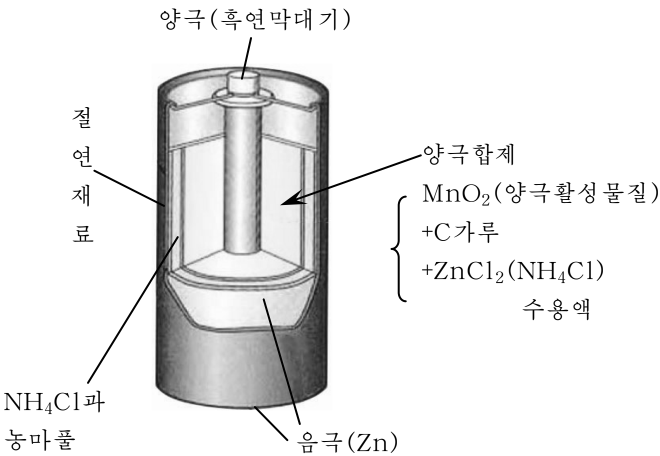


그림 1-8. 이산화망간건전지의 구조

이산화망간건전지의 -극은 아연통이고 양극물질은 이산화망간(MnO_2)이다. 전해질은 NH_4Cl을 쓴다.

금속모자를 씌운 흑연막대기는 전자를 전달하는 도체의 역할만을 한다.

이산화망간건전지의 두 극을 이어놓으면 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$-극: Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e (산화)$$

전해액에서 $Zn^{2+} + 4NH_4^+ \rightarrow [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 4H^+$

$$+극: \overset{+4}{Mn}O_2 + H^+ + e \longrightarrow \overset{+3}{Mn}O(OH) \quad (환원)$$

이 반응을 종합한 산화환원반응은 다음과 같다.

$$2\overset{0}{Zn} + 4NH_4Cl + 4\overset{+4}{Mn}O_2 = ZnCl_2 + [\overset{+2}{Zn}(NH_3)_4]Cl_2 + 4\overset{+3}{Mn}O(OH) \quad (2\times 2e: Zn \rightarrow Mn)$$

화학반응에 의하여 전기에네르기가 생기는 과정을 **방전**이라고 부른다.

건전지의 전동력은 1.5V이다.

건전지가 오래동안 방전되면 전지를 이루는 물질의 농도가 작아지면서 전동력이 떨어져 못쓰게 된다.

한번 쓴 다음 못쓰게 되여 버리는 전지를 **1차전지**라고 부른다.

건전지는 1차전지이다.

건전지의 전해액에 농마풀을 섞는것은 전해액이 흐르지 않게 하자는데 있다. 움직이지 않고 한곳에 고정하여 놓고 쓰는 전지에는 농마풀을 섞지 않으며 이런 전지는 습전지이다.

※ 음극은 Zn, 양극은 Ag_2O, 전해액은 KOH 또는 NaOH를 쓰는 단추모양의 은전지의 전동력은 1.55V이다. 전자시계, 사진기

등에 넣는다.

음극은 Zn 또는 Al, 양극은 공기중의 산소, 전해액은 NH_4Cl, $ZnCl_2$ 또는 KOH을 쓰는 공기전지는 전동력이 1.34V이다. 이 전지를 보청기 같은것에 넣는다.

음극은 Li, 양극은 MnO_2이나 불화흑연 CF_2, 전해액은 $LiBF_4$ 등 리티움염의 비수용액을 쓰는 리티움전지는 전동력이 3V이고 수명은 10년이다. 시계, 사진기, 소형전기기구에 널리 쓰인다.

21. 연료전지

연료의 산화환원반응을 리용하여 전류를 얻는 화학전지를 **연료전지**라고 부른다.

대표적인 연료전지는 수소—산소연료전지이다.

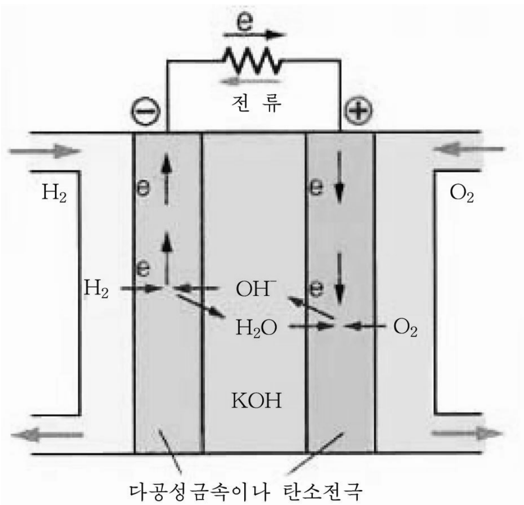


그림 1-9. 수소—산소연료전지에서 산화환원반응

수소-산소연료전지의 방전반응은 다음과 같다.

-극: $H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e$ (산화)

$$+극:\ \frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e \rightarrow 2OH^- \ (환원)$$

이 두 반응을 하나로 묶어 나타내면

2e 환원

$$\overset{0}{H_2} + \frac{1}{2}\overset{0}{O_2} = \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}_{(액)};\ \Delta H=-286kJ$$

산화

수소-산소연료전지의 전동력은 1.45V이다.

이처럼 연료전지는 연료(H_2, CO, CH_4, CH_3OH 등)가 가지고있는 화학에네르기를 전기에네르기로 전환시키는 장치이다.

22. 축전지

되살려쓸수 있는 전지를 **축전지**라고 부른다.

축전지에는 전해액이 무엇인가에 따라 산축전지와 알카리축전지가 있다. 대표적인 산축전지는 연축전지이다. 알카리축전지로서는 철-니켈축전지를 들수 있다.

연축전지

-극은 연판이고 +극은 PbO_2로 된 극판이며 두 극사이에 격막이 있다. 전해액은 30%정도의 류산용액이다.

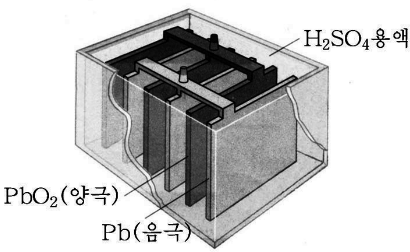


그림 1-10. 연축전지의 속구조

연축전지에서 방전은 산화환원과정이다.

$$Pb + PbO_2 + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{방전}} 2PbSO_4 + 2H_2O$$

연축전지의 충전과정에 두 극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

$$-\text{극}:\ \overset{+2}{Pb}SO_4 + 2e \longrightarrow \overset{0}{Pb} + SO_4^{2-} \quad (\text{환원})$$

$$+\text{극}:\ \overset{+2}{Pb}SO_4 + 2H_2O \longrightarrow \overset{+4}{Pb}O_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e \quad (\text{산화})$$

연축전지의 충전과 방전을 종합적으로 나타내면 다음과 같다.

$$\underset{(-\text{극})}{\overset{0}{Pb}} + \underset{(+\text{극})}{\overset{+4}{Pb}O_2} + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \underset{\text{충전}}{\overset{\text{방전}}{\rightleftarrows}} \underset{(-\text{극})}{\overset{+2}{Pb}SO_4} + \underset{(+\text{극})}{\overset{+2}{Pb}SO_4} + 2H_2O$$

(2e: Pb → PbO₂ 방향, 2e: (+극) PbSO₄ → (−극) PbSO₄ 방향)

충전지를 리용한 다음 전지를 되살리는 과정을 **충전**이라고 부른다.

연축전지의 전동력은 2.1V이다. 연축전지가 방전하여 전동력이 1.8V까지 낮아지면 다시 되살리기 위하여 충전한다.

연축전지와 같이 되살려 쓸수 있는 전지를 **2차전지**라고 부른다.

알카리축전지

알카리축전지에서는 전해액으로 KOH을 쓴다. 흔히 쓰는 알카리축전지는 −극이 Fe, +극이 $Ni(OH)_3$으로 되여 있는 철-니켈축전지이다.

두 극에서 일어나는 반응을 종합하면 다음과 같다.

$$\overset{0}{\underset{(-극)}{Fe}} + \overset{+3}{\underset{(+극)}{2Ni(OH)_3}} \underset{충전}{\overset{방전}{\rightleftharpoons}} \overset{+2}{\underset{(-극)}{Fe(OH)_2}} + \overset{+2}{\underset{(+극)}{2Ni(OH)_2}}$$

(방전: Fe → Ni 2e, 충전: Ni → Fe 2e)

알카리축전지의 전동력은 1.25~1.35V이다.

알카리축전지에는 카드미움-니켈전지도 있다. –극은 Cd, +극은 옥시수산화니켈 NiO(OH), 전해액은 KOH을 쓴다.

$$-극:\quad Cd + 2OH^- \underset{충전}{\overset{방전}{\rightleftharpoons}} Cd(OH)_2 + 2e$$

$$+극:\ 2NiO(OH) + 2H_2O + 2e \underset{충전}{\overset{방전}{\rightleftharpoons}} 2Ni(OH)_2 + 2OH^-$$

전동력은 1.3V이다. 카드미움-니켈전지는 1960년대부터 가정들에서 작은 전기기구들에 리용되였다.

23. 전기분해

외부전류에 의하여 전극에서 일어나는 산화환원과정을 **전기분해**라고 부른다.

염화동용액에 전류를 흘려보내면 동과 염소기체를 얻을수 있다.

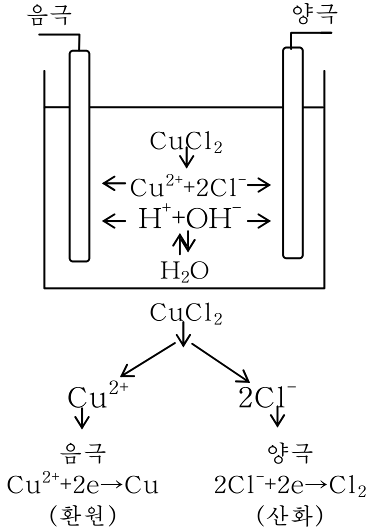
직류전압을 걸어주면 양이온은 음극에, 음이온은 양극에 끌려가 전류가 흐른다.

- 음극에는 산화환원전위가 높은 금속양이온(전자를 받아 환원되려는 경향이 큰 이온)이 먼저 끌려가 환원된다.

–극: $Cu^{2+}+2e \rightarrow Cu$ (환원)

– 양극에서는 단원자음이온(례: Cl^-, Br^-, I^- 등) >OH^->산소산이온의 순서로, 양극에 끌려가 산화된다. 그러므로 음이온 Cl^-나 OH^-가운데서 Cl^-가 양극에서 산화된다.

+극: $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$ (산화)



전기분해할 때 전극에서 얻어지는 물질의 량과 전기량사이의 관계를 밝혀준 법칙이 파라데이법칙(전기분해법칙)이다.→패러디(파라데이)법칙

–극: Cu^{2+} +2e → Cu (환원)

+극: $2Cl^-$ -2e → Cl_2 (산화)

용액속에 들어있는 음이온들의 활성은 서로 다르다.

$$I^- > Br^- > Cl^- > OH^- > SO_4^{2-}$$

24. 금속의 부식과 보호

금속의 부식

금속이 주위의 기체 또는 액체물질과 화학반응을 일으켜 못쓰게 되는 현상을 **금속의 부식**이라고 부른다.

부식
- 화학부식(습기없는 기체속에서의 부식)
- 전기화학부식(전해질용액속에서의 부식)

- 화학부식은 금속이 습기없는 기체(O_2, H_2S, Cl_2 등)와 접촉할 때 일어나는 부식이다.

잘 닦은 쇠줄을 불속에 넣으면 검붉은색으로 녹쓸며 보다 세게 달구면 더뎅이가 생기면서 부픈다.

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$$

- 거의 모든 부식은 전기화학부식이다.

공기속에서는 습기와 탄산가스에 의하여 먼저 다음과 같은 전해질해리가 일어난다.

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

즉 공기속의 금속은 전해질용액속에 잠겨있다고 볼 수 있다.

강철에 들어있는 탄소 C는 탄화철 Fe_3C의 형태로 있다.

그러므로 철제품이 습기있는 공기속에 있으면 강철겉면에 전해질용액의 얇은 막이 형성되고 강철속의 철 Fe을 –극으로, 탄화철 Fe_3C을 +극으로 하는 국부전지가 형성된다.

–극의 겉면에서는 Fe가 전자를 내주고 Fe^{2+}로 산화되여 떨어져나간다.

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$$

+극의 겉면에서는 H^+이 Fe이 내놓는 전자를 받아 H_2로 환원된다.

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow$$

철겉면에서는 떨어져나온 Fe^{2+}과 전해질용액속에 들어있는 OH^-이 결합하여 $Fe(OH)_2$로 되며 이것은 산소에 의하여 붉은 밤색의 $Fe(OH)_3$로 된다.

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$$

금속의 보호

- 금속자체가 산화되지 않도록 금속의 내부구조를 변화시킨다.

례를 들면 보통의 강철에 크롬이나 니켈 등을 넣어 불수강을 만들면 부식에 대한 강철의 저항력이 커진다.

- 금속의 겉면에 부식에 견디는 물질을 입히거나 바른다.

금속겉면에 아연, 니켈, 석, 크롬, 금, 은과 같은 금속을 입힌다.(도금, 증착) 또한 염화비닐수지와 같은 합성수지를 입히며 에나멜, 뼁끼, 기름과 같은것을 바른다.

- 금속의 겉면을 부식되지 않은 안정한 물질로 변화시키기도 한다. 총을 비롯한 무기와 공구들에서 보는 검푸른색은 철의 겉면을 부식에 안정한 Fe_3O_4으로 변화시킨것이다.

또한 알루미니움제품은 그 겉면을 Al_2O_3의 촘촘한 층으로 변화시킨다.

— 전지의 원리와 전기분해의 원리를 리용하여 부식을 막는다.

철에 활성이 보다 센 아연과 같은 금속을 맞대여놓으면 전지가 이루어져 아연이 부식되고 철은 보호된다.

제6장. 물질의 분류

물질의 분류

- 물질
  - 단순물
    - 금속
    - 비금속
  - 화합물
    - 무기화합물
      - 산화물
        - 염을 만드는 산화물
          - 산성산화물
          - 염기성산화물
          - 량성산화물
        - 염을 만들지 않는 산화물
      - 산
        - 옥소산
        - 수소산
      - 염기
        - 물에 용해되는 염기
        - 물에 용해되지 않는 염기
      - 염
        - 정염
        - 수소염
        - 수산염
        - 복염
        - 착염
    - 유기화합물
      - 탄화수소
        - 열린사슬화합물
          - 포화탄화수소
          - 불포화탄화수소
            - 에틸렌계탄화수소
            - 아세틸렌계탄화수소
            - 디엔계탄화수소
        - 고리사슬화합물
          - 방향족화합물
          - 지환족화합물
      - 탄화수소유도체
        - 탄화수소의 할로겐유도체
        - 탄화수소의 산소유도체
        - 탄화수소의 질소유도체
        - 탄화수소의 기타 유도체

1. 순수한 물질

한가지 물질로만 되여있는것을 **순수한 물질**이라고 부른다.

례: 증류수(H_2O만으로 됨)

— 순수한 물질의 성질은 일정하며 매개 물질은 성질에 의하여 서로 구별된다. 화학에서는 주로 순수한 물질을 연구한다. 그러므로 보통 화학에서 물질이라고 할 때에는 순수한 물질을 의미한다.

— 우리 주위에는 두가지이상의 물질들이 섞여있는 혼합물이 많다. 혼합물은 성질이 일정하지 않다.

상식

온천과 약수는 어떻게 다른가

우리 나라에는 유명한 약수와 온천이 많다.

허준의 《동의보감》에도 기록되여있는것처럼 오랜 옛날부터 우리 나라에서는 온천과 약수를 병치료에 널리 리용하여왔다.

특히 류황성분이 많이 들어있는 온천은 피부병치료에 리용하여왔다.

일반적으로 샘물 1L에 1g이상의 화학원소들이 들어있을 때 그것을 광천이라고 부르며 물의 온도가 20℃이상인 광천을 온천, 20℃아래인 광천을 약수라고 부른다.

온천에는 탄산수소나트리움($NaHCO_3$), 염화나트리움($NaCl$), 류산수소나트리움($NaHSO_4$), 라돈(Rn), 류화수소(H_2S) 등과 함께 여러가지 쓸모있는 물질들이 들어있다.

약수에는 탄산수소칼시움 $Ca(HCO_3)_2$, 류산알루미니움 $Al_2(SO_4)_3$ 등 여러가지 물질들과 함께 탄산이 많이 들어있어 시원하며 병치료와 건강에 매우 좋은 물로 리용되고있다.

2. 단순물

한가지 원소만으로 이루어진 물질을 **단순물**이라고 부른다.

례: 수소(H_2), 산소(O_2), 오존(O_3), 철(Fe), 동(Cu), 금강석(C)

단순물에는 금속과 비금속이 있다.

례: 금속: 철(Fe), 동(Cu), 아연(Zn) 등

비금속: 수소(H_2), 산소(O_2), 오존(O_3), 금강석(C) 등

— 단순물에는 분자로 구성된것과 원자로 구성된것이 있다. 이온으로 구성된 단순물은 없다.

례: 분자로 구성된 단순물: H_2, O_2, O_3, N_2, Cl_2 등

원자로 구성된 단순물: Fe, Cu, Zn, C, P 등

원자로 구성된 단순물들의 이름과 화학식은 그 단순물을 이루고있는 화학원소의 이름, 원소기호와 같다.

— 단순물가운데는 한가지 화학원소로 이루어졌으나 성질이 서로 다른것이 있다.(→동소체)

례: 금강석과 흑연, 풀러렌, 흰린과 붉은린, 검은린

3. 금속

한가지 양성원소의 원자들만으로 구성된 단순물을 **금속**이라고 부른다.

— 금속을 구성하고있는 원자들사이의 결합은 금속결합이다.(→금속결합)

금속의 물리성질

— 전기 및 열전도성을 가진다.

— 전성(판으로 펼수 있는 성질)과 연성(가는 줄로 뽑을수 있는 성질)이 있다.

— 광택(겉면이 반짝이는것)을 가진다.

— 보통온도에서 수은(Hg)을 내놓고는 모두 고체이다.

— 밀도가 $5g/cm^3$이하인 금속을 **경금속**, $5g/cm^3$이상인 금속을 **중금속**이라고 부른다.

금속의 화학성질(활성)

금속의 활성은 금속원자가 양이온으로 되기 쉬울수록 크다.

활성이 큰 금속으로부터 활성이 작은 금속으로 가면서 차례로 배렬하여놓은것을 **금속의 활성차례**라고 부른다.

K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, (H_2), Cu, Hg, Ag, Au

금속과 단순물과의 반응

① 거의 모든 금속들은 산소와 반응하여 염기성산화물 또는 량성산화물로 된다.

보통온도에서 활성차례의 K으로부터 Al까지의 금속들은 마른 공기중에서도 쉽게 산화된다.

Zn, Fe, Pb과 같은 금속들은 보통온도에서 누기찬 공기중에서만 산화된다.

Ni, Sn과 같은 금속들은 열을 주어야 산화된다.

Ag과 Au은 산소와 직접 반응하지 않는다.

② 금속들은 할로겐단순물과 반응하여 염을 만든다.

례: $Mg + Cl_2 = MgCl_2$

③ 금속들은 류황과 반응하여 염을 만든다.

례: $Fe + S = FeS$

금속과 물과의 반응

— K, Ca, Na은 보통온도의 물과 맹렬히 반응하여 수소기체(H_2)를 내보낸다.

례: $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$

— Mg, Al, Zn, Fe은 뜨거운 물이나 수증기와 반응한다.

례: $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2\uparrow$

— 금속의 활성차례에서 Ni부터는 물과 반응하지 않는다.

금속과 산과의 반응

— 금속의 활성차례에서 수소(H_2)보다 앞에 있는 금속들은 산과 반응하여 수소기체를 내보낸다.

례: $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$

— Cu, Hg, Ag은 산화작용을 하는 산(질산, 짙은 류산)과 반응한다.

례: $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

— Pt, Au은 왕수(짙은 질산과 짙은 염산을 1:3의 비로 섞은 산)와만 반응한다.

— Al, Fe, Ni은 짙은 질산에서 부동태화된다.

상식

흑색금속과 유색금속은 무엇이 다른가

금속은 《대가정》이다.

세계에는 86종의 금속이 있는데 크게 흑색금속과 유색금속으로 나눌수 있다.

흑색금속이라고 하면 일부 사람들은 《검은색을 띤 금속》일것이라고 생각할수 있는데 사실은 그런것이 아니다.

흑색금속에는 철, 망간, 크롬 세가지밖에 없으며 그 세가지가 다 검은색이 아니다. 순수한 철과 망간은 은백색이고 크롬은 재빛색이다.

그런데 철의 겉면이 쉽게 산화되기때문에 늘 검은색의 사산화삼철이나 검은밤색의 삼산화이철 등 혼합물에 가리워져 검은색으로 보이는것이다. 그러니 흑색금속이라고 하는것도 이상하지는 않다.

우리가 말하는 흑색야금공업이란 강철공업을 이르는 말이다. 제일 자주 보게 되는 합금철은 망간철과 크롬철인데 이렇게 되여 망간과 크롬도 흑색금속으로 되였다.

철, 망간, 크롬외에 다른 금속들은 모두 유색금속이다.

유색금속은 경금속과 중금속으로 분류한다.

알루미니움, 마그네시움, 나트리움, 칼리움 등 밀도가 $5g/cm^3$보다 작은것들은 경금속이고 동, 아연, 니켈, 수은, 석, 연 등 밀도가 $5g/cm^3$보다 큰것들은 중금속이다.

금, 은, 백금, 오스미움, 이리디움 등 비교적 귀한 금속을 귀금속이라고 부른다.

니오비움, 탄탈, 지르코니움, 루테니움, 금, 로디움, 하프니움 등 땅속에 비교적 적게 있거나 분산적으로 존재하는 금속들을 희유금속이라고 부르며 라디움, 우라니움, 토리움, 폴로니움 등 방사성을 가진 금속은 방사성희유금속이라고 부른다.

금속과 알카리와의 반응

Al, Zn, Sn, Pb은 센알카리용액과 반응하며 이때 수소기체가 발생한다.

례: $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$

금속과 염과의 반응

활성차례에서 앞에 놓인 금속은 뒤에 놓인 금속의 염용액과 치환반응하여 금속이온을 환원시킨다.

례: $Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$

금속은 이외에도 많은 물질들과 반응한다.

4. 비금속

한가지 음성원소의 원자들만으로 구성된 단순물을 **비금속**이라고 부른다.

비금속의 물리성질

— 비금속에는 보통온도에서 고체인것, 액체인것, 기체인것들이 있다.

례: 고체 C, Si, P, S, B, I_2, …

액체 Br_2, …

기체 H_2, O_2, O_3, F_2, Cl_2, N_2 …

— 비금속은 구조적으로 세가지 부류로 나누어볼수 있다.

· 2원자분자로 구성된 물질

X_2(할로겐), O_2, N_2, H_2와 같은것들은 반데르왈스힘으로 결합되여있으므로 녹음점, 끓음점이 낮고 기체이다.

Br_2은 액체이며 I_2는 고체이고 물에 잘 용해되지 않는다.

· 여러원자분자로 구성된 분자결정

S_8, Se_8, P_4, As_4 등은 고체이고 녹음점, 끓음점이 낮으며 비교적 쉽게 휘발된다.

· 금강석, 규소결정, 붕소결정과 같은 원자결정

대체로 안정하며 끓음점, 녹음점이 높다.

— 비금속은 각이한 색을 가지며 물에 잘 용해되지 않는다.

린은 붉은색 또는 흰색, 액체산소는 연한 푸른색이다.

— 흑연과 반도체재료인 규소를 제외하고는 모두 부도체이다.

※ 양성원소와 음성원소를 칼로 베듯이 구분할수 없는것처럼 금속과 비금속사이의 한계도 명확하지 않다.

비금속의 화학성질(활성)

비금속의 활성은 그것을 이루고있는 음성원소의 전기음성도가 클수록 활성이 크다.

례: $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$

$F_2 > O_2 > N_2 > C$

$Cl_2 > S > P > Si$

— 비금속은 금속과 반응한다.

활성이 큰 비금속은 거의 모든 금속과 반응한다.

산화제적성질이 센 비금속은 F_2, Cl_2, O_3이다.

활성이 작은 비금속(Si, N_2)은 활성이 큰 금속과만 반응한다.

$$3Mg + N_2 \overset{열}{=} \underset{질화마그네시움}{Mg_3N_2}$$

이 반응은 공기중에서 마그네시움을 연소시킬 때에도 일어난다.

— 비금속은 수소, 산소와 같은 비금속과도 반응한다.

공기중에서 불타는 비금속은 H_2, C, S, P이다. 흰린은 자연발화한다.

례: $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

— 비금속은 화합물과도 반응한다.

할로겐, 탄소와 같은 단순물들은 물과도 반응한다.

례: $2Cl_2+2H_2O=4HCl+O_2$

$C+H_2O_{(수증기)}=CO+H_2$

비금속은 자기보다 센 산화제와 반응할 때에 환원제로 작용한다.

$$\overset{0}{H_2} + CuO = Cu + \overset{+1}{H_2}O$$

$$6\overset{0}{P} + 5KClO_3 = 5KCl + 3\overset{+5}{P_2}O_5$$

$$\overset{0}{S} + 6HNO_3 = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

5. 화합물

두가지이상의 화학원소로 이루어진 물질을 **화합물**이라고 부른다.

례: 물(H_2O)은 수소와 산소로 이루어진 화합물

류산(H_2SO_4)은 수소, 류황, 산소로 이루어진 화합물

— 화합물의 조성은 언제나 일정하다.(→조성일정의 법칙)

— 화합물에는 분자로 구성된것과 이온으로 구성된것이 있다.

· 분자로 구성된 화합물에서 원자들사이의 결합은 공유결합이다.

례: H_2O, NH_3, CO_2, CH_4, C_2H_6O

· 이온으로 구성된 화합물에서 원자들사이의 결합은 이온결합이다.

례: $NaCl$, MgO, $CaCl_2$, KBr

— 화합물의 화학성질은 그 조성과 구조에 관계된다.

일반적으로 양성원소의 산화물과 수산화물은 염기성을 나타낸다.

일반적으로 음성원소의 산화물과 옥소산은 산성을 나타낸다.

6. 산화물

산소원소와 다른 한가지 원소만으로 이루어진 화합물을 **산화물**이라고 부른다.

례: SO_2(이산화류황), Al_2O_3(산화알루미니움)

— 거의 모든 원소들은 산화물을 만든다.

— 산화물을 크게 염을 만드는 산화물과 염을 만들지 않는 산화물로 나눈다.

염을 만드는 산화물은 염기성산화물, 산성산화물, 량성산화물로 나눈다.

염기성산화물

산과 반응하여 염과 물을 만드는 산화물을 **염기성산화물**이라고 부른다.

례: K_2O, MgO, Fe_2O_3

— 염기성산화물은 모두 산과 반응하여 염과 물로 된다.

례: $K_2O + 2HCl = 2KCl + H_2O$

$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$

— 일부 염기성산화물은 물과 반응하여 염기로 된다.

례: $K_2O + H_2O = 2KOH$

$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$

— 금속산화물이라고 하여 다 염기성산화물인것은 아니다.

금속원소가 여러 산화수에 해당한 산화물들을 각각 만들었을 때 금속원소의 산화수가 작은 산화물이 염기성산화물이다.

례: Mn은 산화수 +2, +4, +7 등에 해당한 산화물 MnO, MnO_2, Mn_2O_7을 만든다.

그가운데서 MnO이 염기성산화물이다.

산성산화물

알카리와 반응하여 염과 물을 만드는 산화물을 **산성산화물**

이라고 부른다.

례: CO_2, SO_2, P_2O_5

— 산성산화물은 모두 알카리와 반응하여 염과 물을 만든다.

례: $CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$

$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$

— 일부 산성산화물은 물과 반응하여 산을 만든다.

례: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

— 비금속산화물이라고 하여 다 산성산화물인것은 아니다. CO와 NO는 산성산화물이 아니다.

상식

석영이란 어떤 물질인가

많은 사람들은 자기가 석영을 리용하고있다는것을 알지 못하고 매일 그것을 보고 쓰고있다.

석영은 지구상에 많이 분포되여있는 유용한 광물의 하나이다.

석영은 규소와 산소로 이루어졌으며(화학식 SiO_2) 철보다 굳고 유리보다 투명하다. 순수한 석영은 색이 없거나 흰색이다. 불순물들이 섞여있는것은 붉은색, 노란색, 밤색, 풀색, 푸른색, 연한 보라색, 검은색 등을 띤다. 흰 모래는 거의 순수한 석영이다. 순수한 석영은 녹음점이 1 710℃로서 대단히 높으므로 가열실험기구제작에 쓰인다. 또한 그 어떤 물질보다 수축팽창이 적으며 유리보다 투명도가 더 좋으므로 광학기구제작에 쓰인다. 또한 석영은 빛과 복사열을 쉽게 통과시킨다. 건강에 좋은 자외선이 유리에는 흡수되지만 석영에서는 통과하기때문에 지붕을 용해석영판으로 만들며 인공태양치료를 위하여 특별한 석영전등을 리용하기도 한다.

량성산화물

산과도 반응하고 알카리와도 반응하여 염과 물을 만드는 산화물을 **량성산화물**이라고 부른다.

례: Al_2O_3, ZnO

— 량성산화물은 산과 반응한다. 이때 염기성산화물로 작용한다.

례: $Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

— 량성산화물은 알카리와도 반응하며 이때는 산성산화물로 작용한다.

례: $Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$

— 량성산화물은 산성산화물의 성질과 염기성산화물의 성질을 다 가지고있는 산화물이다.

상식

알루미나란 무엇이며 어떻게 만드는가

알루미나란 산화알루미니움(Al_2O_3)을 말하는데 알루미나는 알루미니움의 산화물로서 자연계에서 강옥으로 존재한다.

순수한 알루미나는 색이 없으나 보통 흰색으로 존재한다.

보석으로 쓰이는 청옥, 홍옥 등은 강옥에 다른 원소가 섞여들어있는것이다.

알루미나는 수산화물 또는 알루미니움의 염을 900~1 200℃ 또는 그보다 높은 온도로 가열하였을 때 얻어진다. 이밖에 다른 방법에 의하여 얻을수도 있다.

알루미나는 물에 용해되지 않는 산화물이므로 알루미나를 짙은 산과 함께 끓이든가, 알카리 또는 탄산소다와 함께 녹이면 알루미산염이 된다. 공업적으로 주로 보크사이트를 알카리로 처리하여 알루미나를 만든다. 산화알루미니움으로부터 얻는 알런덤은 금강석, 카보런덤 다음으로 굳다. 알루미나는 금속알루미니움, 알루미니움화합물 등을 만드는 원료 또는 촉매, 내화재료 등을 만드는데 쓴다. 이밖에 유기용매의 탈수제 등 여러가지 재료로 쓰인다.

— 양성원소가 여러가지 산화물을 만들었을 때에는 중간정도의 산화수를 가지는 산화물이 량성산화물이다.

례: $\overset{+2}{Mn}O$, $\overset{+4}{Mn}O_2$, $\overset{+7}{Mn}_2O_7$ 가운데서 MnO_2이 량성산화물이다.

7. 산

수용액에서 해리되여 양이온으로서 수소이온(H^+)만을 내놓는 화합물을 **산**이라고 부른다.

례: HCl, H_2SO_4, HNO_3

· 조성으로 보면 수소원소와 산기로 이루어진 화합물들이 산이다.

· 성질로 보면 신맛을 가지며 푸른 리트머스를 붉은색으로 변화시키는 화합물들이 산이다.

· 전해질해리리론으로 보면 수용액에서 해리하여 양이온으로서는 수소이온(H^+)만을 내놓는 화합물이 산이다.

· 양성자리론으로 보면 화학반응에서 양성자(H^+)를 내놓는 물질이 산이다.

상식

식초가 건강에 좋은것은 무엇때문인가

생채는 식초가 없으면 고유한 맛을 돋굴수 없다.

식초는 음식의 맛을 상쾌하게 하여줄뿐아니라 건강에도 유익하다. 식초가 건강에 좋은것은 기본성분인 초산외에도 적은 량의 젖산, 호박산, 알데히드, 아미노산, 알콜 등이 들어있어 식욕을 높여주고 소화흡수가 잘되게 하기때문이다. 그러나 식초는 산성용액이므로 너무 많이 먹으면 위를 지나치게 자극한다. 때문에 위의 산도가 높은 사람에게는 식초가 좋지 않다.

산의 화학성질

· 산의 수용액은 푸른 리트머스를 붉은색으로 변화시킨다.

· 산은 활성이 큰 금속과 반응하여 수소기체를 내보낸다.

례: $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$

· 산은 염기성산화물과 반응하여 염과 물을 만든다.

례: $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

· 산은 염기와 중화반응을 한다.

례: $Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$

산의 분류

— 산은 두가지 기준에 따라 분류할수 있다.

· 산은 해리될 때 내놓는 H^+의 수에 따라 1가산, 2가산, 3가산 등으로 나눈다.

례: 1가산 HCl, HNO_3

2가산 H_2SO_4, H_2S

3가산 H_3PO_4

· 또한 산은 산분자안에 산소원소가 있는가 없는가에 따라 옥소산과 수소산으로 나눈다.

례: 옥소산 H_2SO_4, HNO_3

수소산 HCl, H_2S

8. 염기

수용액에서 해리되여 음이온으로서 수산이온(OH^-)만을 내놓는 화합물을 **염기**라고 부른다.

· 조성으로 보면 금속원소와 수산기(OH)로 이루어진 화합물들이 염기이다.

· 성질로 보면 미끈거리며 붉은 리트머스를 푸른색으로 변화시키는 화합물들이 염기이다.

· 전해질해리리론으로 보면 수용액에서 해리되여 음이온으로서 수산이온(OH^-)만을 내놓는 화합물들이 염기이다.

· 양성자리론으로 보면 화학반응에서 양성자(H^+)를 받아들이는 물질들이 염기이다.

※ 양성자를 주고받으면서 일어나는 화학반응은 다 산과 염기와의 반응이다.

례: 암모니아가 물에 용해될 때 일어나는 반응

$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

에서 양성자를 내놓는 H_2O은 산이고 그 양성자를 받아들인 NH_3는 염기이다.

염기의 화학성질

· 염기의 수용액은 붉은 리트머스를 푸른색으로 변화시킨다.

· 염기는 산과 작용하여 중화반응을 일으킨다.

례: $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$

· 염기는 산성산화물과 반응하여 염과 물을 만든다.

례: $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

염기의 분류

염기는 두가지로 분류할수 있다.

· 염기는 물에 용해되는 정도에 따라 물에 잘 용해되는 염기(알카리)와 물에 잘 용해되지 않는 염기로 나눈다.

례: 알카리 $NaOH$, $Ca(OH)_2$, KOH, $Ba(OH)_2$

알카리를 내놓은 나머지 염기들은 물에 잘 용해되지 않는다.

· 또한 염기는 해리될 때 내놓는 OH^-의 수에 따라 1가염기, 2가염기 등으로 나눈다.

례: 1가염기 $NaOH$, KOH

2가염기 $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$

9. 량성수산화물

수산화물에는 염기와 옥소산이 있다. 염기와 옥소산에는 다같이 수산기(OH)가 들어있다.

산과도 반응하고 염기와도 반응하는 수산화물을 **량성수산화물**이라고 부른다.

례: $Zn(OH)_2$

$$2H^+ + ZnO_2^{2-} \rightleftharpoons Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$$

— 량성수산화물은 염기로서의 성질과 산으로서의 성질을 다 가지고있다.

례: $2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$

$Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$

— 량성수산화물에서 물을 떼내면 량성산화물이 얻어진다.

례: $2Al(OH)_3 \xrightarrow[-3H_2O]{} Al_2O_3$

10. 염화물

염소와 그보다 전기음성도가 작은 다른 원소와의 화합물을 **염화물**이라고 부른다.

례: $NaCl$, $CuCl_2$, CCl_4

— 염소와 암모니움이온과의 화합물인 염화암모니움(NH_4Cl)도 염화물이다.

— 염소와 산소와의 화합물은 염화물이 아니라 산화물이다.

례: Cl_2O, Cl_2O_7

— 염화물의 대부분은 염산의 염이라고 볼수 있다.

례: $NaCl$, KCl, $MgCl_2$

상 식

소금을 닦으면 왜 쓴맛이 없어지는가

우리는 음식물에 들어있는 소금이 쓴맛을 나타내는것을 느끼군 한다.

쓴맛을 내는 물질은 바로 소금속에 들어있는 서슬($MgCl_2$)이다.

염화마그네시움이 들어있어 쉽게 누기차는(염화마그네시움은 습기를 잘 빨아들인다.) 막소금을 세게 가열하면 소금은 변하지 않지만 염화마그네시움은 물과 반응하여 염산증기를 내보내고 산화마그네시움으로 남는다.

$$MgCl_2 + H_2O \xrightarrow{\text{열}} MgO + 2HCl\uparrow$$

산화마그네시움은 흡수성이 없고 쓴맛도 없다.

이와 같이 처리한 닦은 소금을 음식물에 넣으면 쓴맛이 나지 않는다.

— 염화물은 크게 금속의 염화물과 비금속의 염화물로 나누어볼수 있다.

· 금속의 염화물은 이온결정이며 전해질이다. 대부분이 물에 잘 용해되며 그 수용액은 전기전도성이 크다.

금속의 염화물들가운데서 물에 용해되지 않는것은 AgCl, $PbCl_2$, Hg_2Cl_2이다.

그러므로 어떤 물질이 염화물인가 아닌가를 알아내는데 AgCl이 생기는 반응을 리용한다.

염화물의 수용액에 $AgNO_3$용액을 작용시키면 이온교환반응이 일어나 AgCl의 흰 침전물이 생긴다.

$$Ag^+ + Cl^- = \underset{\text{염화물}}{AgCl}\downarrow$$

· 비금속의 염화물은 공유결합으로 된 분자이고 보통

온도에서 기체이거나 액체이다.

례: CCl_4, SCl_2

이 염화물들은 물에 용해되지 않고 유기용매에 잘 용해된다.

— 염화물의 만들기

· 금속과 염소를 직접 화합하여 만든다.

례: $2Na + Cl_2 = 2NaCl$

· 염산에 금속이나 금속산화물, 염기, 탄산염을 작용시켜 만든다.

례: $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$

$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

11. 류산염

류산(H_2SO_4)의 수소원자가 금속으로 치환된 염을 **류산염**이라고 부른다.

일반식 $\overset{+1}{M}_2SO_4$, $\overset{+1}{M}HSO_4$, $\overset{+2}{M}SO_4$

례: K_2SO_4, $NaHSO_4$, $ZnSO_4$

— 류산염은 일반적으로 안정한 결정이며 결정수를 가진것이 많다.

례: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$

— 류산염은 거의 대부분이 물에 잘 용해되지만 $BaSO_4$, $SrSO_4$, $PbSO_4$은 용해되지 않는다.

그러므로 류산염을 알아내는데 $BaSO_4$침전물이 생기는 이온교환반응을 리용한다.

$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = \underset{\text{류산염}}{BaSO_4}\downarrow$$

— 류산염은 일반적으로 류산에 금속이나 금속산화물, 염기, 염을 작용시켜 만든다.

례: $H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$

$H_2SO_4 + ZnO = ZnSO_4 + H_2O$

$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$

$H_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2HCl$

상식

회망초는 어떤 물질인가

회망초라는 이름은 자연적으로 생겨난 망초와 석고의 혼합광물이라는데로부터 나왔다. 화학적으로 볼 때 회망초는 두가지 염 즉 류산나트리움(망초의 기본조성)과 류산칼시움(석고의 기본조성)의 복염이다.

회망초는 약간 쓰면서도 짠맛을 가지며 색이 없으나 물에 적시면 회칠한것처럼 희게 보이며 손칼로 긁을수 있을 정도로 굳다.

회망초를 가루내여 물에 풀면 망초는 용해되고 석고는 용해되지 않은채로 갈라진다.

회망초는 여러가지 물질을 만들어내는 원료로 쓰인다.

회망초를 원료로 하여 만들어낼수 있는 물질은 석고, 류산, 가성소다, 탄산소다 등이다.

12. 질산염

질산(HNO_3)의 수소원자가 금속으로 치환된 염을 **질산염**이라고 부른다.

일반식 $\overset{+1}{M}NO_3$

례: KNO_3, $Cu(NO_3)_2$

— 질산염들은 모두 물에 잘 용해되는 전해질이다.

대부분의 질산염은 습기를 빨아들이는 성질을 가지고 있다.

— 질산염들은 열을 주거나 세게 때리면 분해된다.

· 알카리금속의 질산염은 아질산염과 산소로 분해된다.

례: $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$

· 무거운 금속의 질산염은 산화물들과 산소로 분해된다.

례: $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$

산소를 내면서 분해되기때문에 질산염은 화약을 만드는데 쓰인다.

례: 흑색화약은 질산칼리움에 류황과 숯가루를 섞은것.

13. 탄산염

탄산(H_2CO_3)의 수소원자가 금속으로 치환된 염을 **탄산염**이라고 부른다.

일반식 $\overset{+1}{M}_2CO_3$, $\overset{+1}{M}HCO_3$, $\overset{+2}{M}CO_3$

례: Na_2CO_3, $Ca(HCO_3)_2$, $NaHCO_3$, $CaCO_3$

— 알카리금속의 탄산염과 $(NH_4)_2CO_3$은 물에 용해되고 나머지 탄산염들은 모두 물에 용해되지 않는다.

— 알카리금속의 탄산염을 제외한 다른 탄산염들은 가열할 때 분해된다.

례: $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$MgCO_3 = MgO + CO_2$

이 반응들은 석회석으로부터 생석회를 만드는데와 마그네사이트로부터 마그네샤크링카를 만드는데 리용된다.

— 탄산염에 센산을 작용시키면 CO_2가 생긴다.

이 반응은 탄산염인가 아닌가를 알아보는데 리용된다.

알카리금속의 탄산염은 수용액에서 물작용분해되여 알카리성을 나타낸다.

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$$

상식

중조를 넣으면 왜 빵이 부풀고 신맛이 없어지는가

빵을 만들 때 중조를 넣고 굽거나 가마안에서 찐다.

이때 부풀어오르는것을 볼수 있다. 왜 그런가.

빵을 만들 때 중조($NaHCO_3$ 탄산수소나트리움)는 열을 받으면 이산화탄소기체(CO_2)를 내면서 분해된다.

$$2NaHCO_3 \overset{\text{열}}{=\!=\!=} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

이와 같이 이산화탄소에 의하여 빵은 부풀어오른다.

또한 이때 생긴 탄산나트리움(Na_2CO_3)은 물과 작용하여 분해된다.

이때 생긴 알카리에 의하여 신맛은 없어진다. 또한 빵에 남은 탄산나트리움은 보통 누런색빛을 나타낸다. 즉 흰가루를 사용했다 해도 중조를 많이 넣으면 빵은 누런빛갈을 띠며 지나칠 때에는 갈색까지 띠고 쓴맛을 내므로 중조를 적당히 넣어야 한다.

14. 린산염

린산(H_3PO_4)의 수소원자가 금속으로 치환된 염을 **린산염**이라고 부른다.

례: 린산나트리움 Na_3PO_4

린산수소나트리움 $NaHPO_4$

피로린산나트리움 $Na_4P_2O_7$

메타린산나트리움 $NaPO_3$

— 린산염은 일반적으로 색이 없는 결정이다.

— 린산염가운데서 알카리금속의 염과 암모니움염은 물에 잘 용해되고 나머지 염들은 물에 용해되지 않는다.

— 린산수소염들은 모두 물에 잘 용해된다. 린회석(주성분이 $Ca_3(PO_4)_2$)을 원료로 하여 린비료를 만드는 원리는 물에 용해되지 않는 린산염을 물에 용해되는 린산수소염으로 변화시키는것이다.

$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4=\underbrace{Ca(H_2PO_4)_2+2CaSO_4}_{\text{과 석}}$$

과석을 논밭에 내면 식물은 $H_2PO_4^-$형태로 린을 받아들인다.

$$Ca(H_2PO_4)_2=Ca^{2+}+2H_2PO_4^-$$

— 린산염용액에 질산은을 작용시키면 연한 누런색의 침전물이 생긴다.

이 반응으로 린산이온(PO_4^{3-})을 알아낸다.

$$PO_4^{3-} + 3Ag^+ = Ag_3PO_4\downarrow$$

> **농업을 발전시키지 않으면 안된다. 농민이 윤택해질 때에만 우리들의 연구에 옳은 토대가 마련되며 과학도 예술도 빛나게 될것이다.**
>
> **(리비히 유스투스)**

15. 수소화합물

수소와 다른 한가지 원소만으로 이루어진 화합물을 **수소화합물**이라고 부른다.

례: HCl, NH_3, CH_4, NaH, MgH_2

거의 모든 원소들이 수소화합물을 만든다.

— 음성원소의 수소화합물에서 수소의 산화수는 +1이다.

례: $\overset{+1}{C}H_4$, $N\overset{+1}{H}_3$, $\overset{+1}{H}_2O$, $\overset{+1}{H}F$

· 음성원소의 수소화합물가운데는 물에 용해되며 그 수용액이 산성을 나타내는것들이 있다.(수소산)

례: HF, HCl, HBr, HI, H_2S

· 음성원소의 수소화합물은 모두 공유결합으로 이루어져있으며 기체물질이거나 증발하기 쉬운 액체물질이다.

— 양성원소의 수소화합물에서 수소의 산화수는 -1이다.

례: $Na\overset{-1}{H}$, $Mg\overset{-1}{H_2}$, $Ca\overset{-1}{H_2}$

양성원소의 수소화합물은 이온결합으로 이루어져있으며 고체이고 녹음점이 높다. 양성원소의 수소화합물을 특별히 **수소화물**이라고 부른다. 1, 2, 13족의 원소들이 수소화물을 이룬다.

16. 복염

두가지이상의 염으로 이루어져있으며 수용액에서 염을 이루는 개별이온들로 해리되는 염을 **복염**이라고 부른다.

례: $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(백반)

백반은 류산칼리움과 류산알루미니움의 복염이다.

$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$

간단히 $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

— 명반은 복염의 한 종류인 류산복염이다.

일반식 $\overset{+1}{M}\overset{+3}{M}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

례: 칼리움알루미니움명반(백반) $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

나트리움알루미니움명반 $NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

암모니움철명반 $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

칼리움크롬명반 $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

— 복염은 수용액에서 성분이온으로 해리된다.

례: $KAl(SO_4)_2 = K^+ + Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$

복염에는 회망초($Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$), 고회석($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) 같은것도 있다.

상식

고회석은 어떤 물질인가

고회석의 기본조성은 탄산칼시움과 탄산마그네시움이다. 즉 탄산칼시움과 탄산마그네시움으로 이루어진 복염($CaCO_3 \cdot MgCO_3$)이다.

고회석에는 탄산철과 탄산망간 등의 불순물도 포함되여있다. 고회석은 흰색인데 불순물의 포함량에 따라 회색인것도 있고 쥐색인것도 있다.

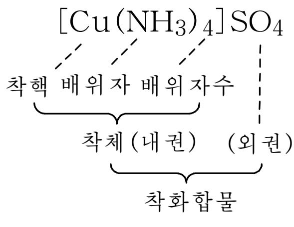
지난 시기에는 고회석이 주로 공업부문에서 건설재료와 내화물생산에 리용되였다. 그런데 최근에는 공업부문에서 고회석의 리용분야가 새롭게 개척되는 한편 농업부문에서도 리용가치가 크다는것이 알려졌다.

고회석은 비료로서의 가치가 크다. 고회석은 농작물에 칼시움과 마그네시움, 미량원소들을 공급하여준다. 고회석은 또한 토양의 구조를 개선하여준다. 이와 함께 집짐승먹이첨가제로 널리 쓰이고있다.

17. 착화합물

착체가 들어있는 화합물을 **착화합물**이라고 부른다.

례:



착화합물에서 착체를 **내권**이라고 부르고 나머지것을 **외권**이라고 부른다.

— 착체가 이온인 경우에는 그것을 **착이온**이라고 부른다.

— 착화합물에는 착산, 착염기, 착염이 있다.

례: 착산 $H[AuCl_4]$ (테트라클로로금산)

$$H[AuCl_4] \rightleftharpoons H^+ + [AuCl_4]^-$$

착염기 $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ (수산화테트라암민동)

$$[Cu(NH_3)_4](OH)_2 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^-$$

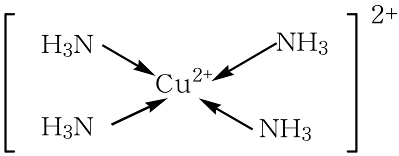
착염 $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ (류산테트라암민동)

$$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$$

착체

주개받개사이의 배위결합으로 이루어진 분자 또는 이온을 **착체**라고 부른다.

례: $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$



착체안에 있는 받개를 **착핵**, 주개를 **배위자**라고 부르며 배위자의 수를 **배위자수**라고 부른다.

착핵은 주로 과도금속이온들이며 배위자는 비공유전자쌍을 가지고있는 분자나 이온들이다.

18. **착염**

착이온이 들어있는 염을 **착염**이라고 부른다.

례: $K_3[Fe(CN)_6]$ 적혈염

$K_4[Fe(CN)_6]$ 황혈염

착염은 두가지 염으로부터 만들어진다.

례: $FeCl_3 + 6KCN = K_3[Fe(CN)_6] + 3KCl$

— 착염은 수용액에서 성분이온으로 해리되지 않고 착이온을 내면서 해리된다.

례: $K_3[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 3K^+ + [Fe(CN)_6]^{3-}$

— 과도금속의 이온들이 착핵(받개)으로 된다. 그것은 과도금속의 이온들이 배위결합을 할수 있는 빈 궤도를 많이 가지고있기때문이다.

— 비공유전자쌍을 가지고있는 분자나 이온들이 배위자(주개)로 된다.

례: $:NH_3$ $H_2\ddot{\underset{..}{O}}$

착이온이 안정할수록 착염도 안정하다.

착이온들은 안정성이 서로 다르며 어떤것들은 불안정하여 성분이온으로 갈라지는 정도가 크다.

— 착이온의 전하수는 착핵과 배위자들의 전하수의 대수적인 합과 같다.

19. 탄화물

탄소와 그보다 전기음성도가 작은 다른 한 원소와의 화합물을 **탄화물**이라고 부른다.

례: CaC_2, SiC, Fe_3C

— 탄소와 그보다 전기음성도가 큰 음성원소와의 화합물은 탄화물이 아니다.

례: CO_2, CS_2, CCl_4

— 탄화물가운데서 중요한것은 탄화칼시움(CaC_2 일명 카바이드)과 탄화규소(SiC 일명 카보런덤)이다.

카바이드

넓은 의미에서는 금속의 탄화물을 카바이드라고 부르며 좁은 의미에서는 탄화칼시움만을 **카바이드**라고 부른다.

— 카바이드는 비날론, 염화비닐, 합성고무, 알콜, 초산, 석회질소를 비롯한 여러가지 화학제품을 만드는 출발원료이다.

— 카바이드는 생석회와 무연탄을 반응시켜 만든다.

$CaO + 3C = CaC_2 + CO$; ΔH=468kJ

이 반응은 흡열반응이므로 2 000℃이상의 온도에서 일어난다.

카보런덤

탄소와 규소와의 화합물인 탄화규소(SiC)를 **카보런덤**이라고 부른다.

— 카보런덤은 매우 굳은(모오스굳기 9.5) 원자결정이다. 그래서 연마제로 많이 쓰인다.

— 카보런덤은 무연탄과 석영모래의 혼합물을 전기로에서 2 000℃이상으로 열주어 만든다.

$$SiC + 3C = SiC + 2CO$$

20. 류화물

류황과 그보다 전기음성도가 작은 다른 한 원소와의 화합물을 **류화물**이라고 부른다.

례: Na_2S, ZnS, CS_2

— 류황과 산소, 할로겐, 질소의 화합물은 류화물이 아니다.

— 류화물은 류화수소산(H_2S)의 염이라고 볼수 있다.

— 류화물가운데서 1족과 2족원소가 만드는 금속의 류화물은 물에 용해되지만 거의 모든 무거운 금속의 류화물들은 물에 용해되지 않으며 특징적인 색갈을 띠고있다.

례: ZnS 흰색

CuS 검은색

FeS 검은색

Ag_2S 검은색

MnS 연분홍색

SnS 밤색

CdS 노란색

류화물들의 이런 성질에 기초하여 금속이온들을 알아낸다.

상식

은수저로 독약이 든 음식물을 어떻게 알아보는가

은(Ag)은 류황(S), 류화수소(H_2S), 염소(Cl_2)와 작용하면 검게 된다. 은이 공기중에 포함되여있는 류화수소나 류황의 화합물을 포함하고있는 식료품과 작용할 때 검은색의 류화은(Ag_2S)이 생기므로 색이 검게 된다.

$$4Ag + 2H_2S + O_2 = 2Ag_2S + 2H_2O$$

독약들에는 대다수 염소와 류황이 들어있으므로 독약이 든 음식물을 은그릇에 담거나 은수저로 집으면 색이 변한다. 그러므로 음식물을 검사하는데 은수저를 쓴다.

류화물의 만들기

· 금속과 류황을 직접 화합하여 만든다.

례: $Fe + S = FeS$

· 염용액에 류화수소를 반응시켜 만든다.

례: $CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$

21. 지방족탄화수소

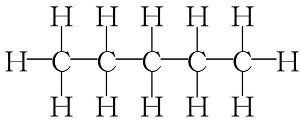
사슬식탄화수소를 **지방족탄화수소**라고 부른다.

지방족탄화수소에는 메탄계탄화수소, 에틸렌계탄화수소, 아세틸렌계탄화수소, 디엔계탄화수소 등이 있다.(→포화탄화수소, → 불포화탄화수소)

지방족탄화수소가 지방의 기본을 이루고있다는데로부터 지방족탄화수소라고 이름부르게 되였다.

22. 포화탄화수소

탄소원자들사이에 단결합(σ 결합)만으로 이루어진 열린사슬탄화수소를 **포화탄화수소**라고 부른다.

례: 

펜탄

일반식은 C_nH_{2n+2}로 표시한다.

— 포화탄화수소를 **메탄동족렬** 또는 **알칸**이라고 부른다.

— 포화탄화수소에서 수소원자 1개를 떼낸 원자단(탄화수소기)을 **알킬기**라고 부른다.

알킬기의 일반식은 C_nH_{2n+1}—로 표시한다. 간단히 R—로 나타낸다.

— 포화탄화수소는 구조에 따르는 고유한 성질을 나타낸다.

구조

탄소원자는 화학결합을 이룰 때 려기되여 4가상태로 넘어간다.

즉

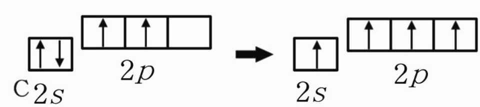


그림 1—11. 바닥상태와 려기상태에서 C원자의 전자배치

포화탄화수소에서는 려기된 4개의 궤도가 섞여져 새로운 4개의 궤도 즉 sp^3혼성궤도를 이룬다.

혼성궤도의 정점에서 다른 원자궤도와 겹쳐지는데 이때 전자밀도가 더 커진다. 이렇게 안정한 σ결합을 이루므로 포화탄화수소는 그에 따르는 고유한 성질을 나타내게

된다.

즉 C—C, C—H의 σ결합은 든든하고 극성을 거의 띠지 않는다.(그림 1-10)

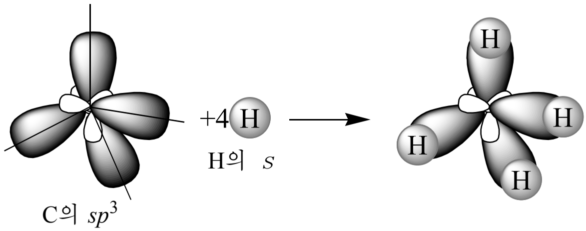


그림 1—12. 메탄분자의 전자적구조

포화탄화수소의 이름짓기

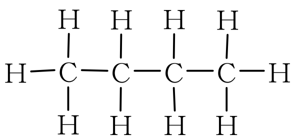
습관이름

습관이름은 유기화합물의 존재나 성질 등에 기초하여 부르는 이름이다.

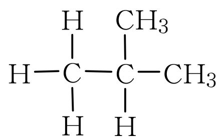
— 메탄동족렬의 첫 4개의 동족체는 메탄, 에탄, 프로판, 부탄이라고 부르고 다섯번째의 동족체 C_5H_{12}부터는 탄소원자수를 나타내는 그리스수사에 받침 《ㄴ》을 붙여 부른다.

례: 펜탄 C_5H_{12}, 헥산 C_6H_{14}

— 곧은 사슬에 대하여서는 《*n*— (또는 노르말)》을, 가지친 사슬에는 이름앞에 《이소》를 붙인다.

례: 

n-부탄

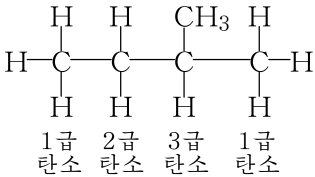


이소부탄

기준이름

기준이름은 포화탄화수소를 메탄의 수소원자가 알킬기로 바뀌운 화합물로 보고 부르는 이름이다.

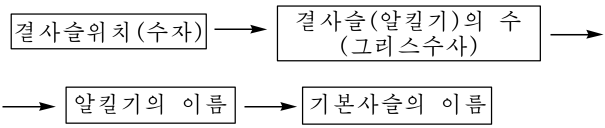
기준탄소로는 분자안에서 급수가 제일 높은 탄소원자를 잡는다.

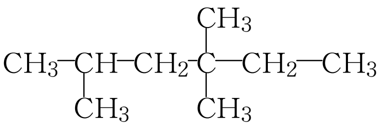
례: 

디메틸에틸메탄

일반이름

분자안에서 가장 긴 사슬을 찾고 그의 탄소원자수를 표시하는 수자에 《안》을 붙이며 곁사슬을 가진 탄화수소에 대하여서는 곁사슬의 위치와 수 및 이름을 붙인다.





2,4,4-트리메틸헥산

포화탄화수소의 성질

물리성질

탄소원자수가 많아짐에 따라 성질이 규칙적으로 변한다.

— 보통조건에서 C_1-C_4까지는 기체이고 C_5-C_{16}까지는 액체, C_{17}이상은 고체이다.

— 녹음점과 끓음점은 탄소원자수가 많아짐에 따라 높아진다.

— 밀도는 물보다 작다.

— 물에는 용해되지 않고 유기용매에 용해된다.

화학성질

포화탄화수소는 C—C결합이 σ결합으로 이루어져있고 탄소의 나머지전자가 수소원자와 σ 결합을 이루기때문에 보통조건에서 화학적으로 매우 안정한 물질이다. (→σ결합과 π결합)

그러나 센 작용을 받으면 치환반응이 일어난다.

— 빛을 쪼일 때 할로겐과의 치환반응이 일어난다.

례: $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{빛}} CH_3Cl + HCl$

$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$

$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$

$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$

— 포화탄화수소는 태우면 CO_2와 H_2O로 되면서 많은 열을 낸다.

— 포화탄화수소는 열을 받으면 분해된다.

례: $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3 \rightarrow \underset{\text{프로판}}{C_3H_8} + \underset{\text{프로필렌}}{C_3H_6}$

포화탄화수소의 용도

포화탄화수소는 화학공업의 원료로, 용매로, 연료로 쓰인다.

— 포화탄화수소의 여러가지 혼합물인 석유에테르는 석유화학공업의 원료로 쓰인다.

— 휘발유, 등유, 중유는 연료로 쓰이고 끓음점이 높은것은 윤활유로 쓰인다.

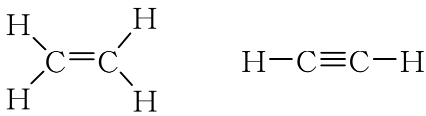
— 파라핀(고체)은 양초, 합성비누, 고무와 염화비닐

수지를 가공하는데 쓰인다.

— 유기물질의 용매로도 쓰인다.

23. 불포화탄화수소

탄소원자들사이에 2중결합이나 3중결합을 가지고있는 탄화수소를 **불포화탄화수소**라고 부른다.

례: 

에틸렌 아세틸렌

불포화탄화수소는 에틸렌계탄화수소, 아세틸렌계탄화수소, 디엔계탄화수소로 갈라볼수 있다.

에틸렌계탄화수소(알켄)

탄소원자들사이에 2중결합을 1개 가지고있는 탄화수소를 **에틸렌계탄화수소**라고 부른다.

— 에틸렌에서 수소원자를 여러가지 알킬기로 바꾸면 일반식 C_nH_{2n}에 맞먹는 하나의 동족렬이 얻어진다.

C_2H_4 $CH_2{=}CH_2$ 에틸렌

C_3H_6 $CH_2{=}CH-CH_3$ 프로필렌

C_4H_8 $CH_2{=}CH-CH_2-CH_3$ 부틸렌

이 동족렬을 **에틸렌동족렬**이라고 부른다.

— 에틸렌계탄화수소는 습관이름, 기준이름, 일반이름으로 부른다.

— 에틸렌계탄화수소는 그 구조에 따라 고유한 성질을 가진다.

구조

탄소원자가 sp^3혼성궤도가 아닌 sp^2혼성궤도를 이룰 때에는 섞이지 않은 p궤도 하나가 sp^2혼성궤도의 면에 수직으로 놓이게 된다.(그림 1—13)

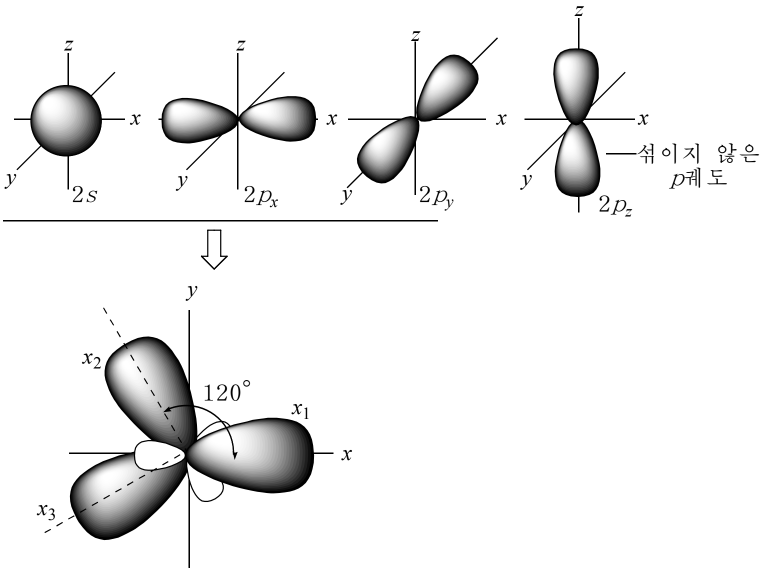


그림 1—13. sp^2혼성궤도와 섞이지 않는 *p*궤도

이 *p*궤도에 의하여 두 탄소원자사이에서 σ결합과 함께 π결합이 생기게 된다.

따라서 에틸렌계탄화수소에서는 σ결합과 함께 π결합에 의한 고유한 성질이 나타난다.(그림 1—14)

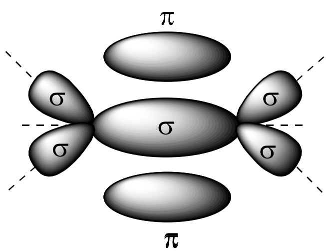


그림 1—14. 에틸렌분자의 전자적구조

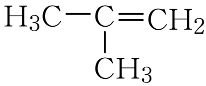
에틸렌계탄화수소의 이름부르기

습관이름

탄소수가 같은 포화탄화수소의 이름에서 《안》을 《일렌》으로 바꾸어 부른다.

례: $CH_2=CH_2$ 에틸렌

$CH_3-CH=CH_2$ 프로필렌

 이소부틸렌

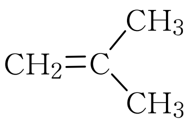
기준이름

에틸렌의 수소원자가 탄화수소기로 치환된 유도체로 보고 부르는 이름이다.

례: $CH_2=CH_2$ 에틸렌

$CH_2=CH-CH_3$ 메틸에틸렌

$CH_3-CH=CH-CH_3$ 대칭디메틸에틸렌

 비대칭디메틸에틸렌

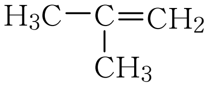
일반이름

탄소수가 같은 포화탄화수소의 이름에서 《안》을 《엔》으로 바꾸고 2중결합의 위치를 수자로 표시하여 부른다.

례: $CH_2=CH_2$ 에텐

$CH_2=CH-CH_3$ 프로펜

$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ 1—부텐

 2-메틸-1-프로펜

에틸렌계탄화수소의 성질

물리성질

에틸렌계탄화수소의 물리성질은 포화탄화수소와 거의 비슷하다.

— C_1-C_4까지는 기체이며 C_5-C_{18}까지는 액체, C_{19}이상은 고체이다.

— 물에는 용해되지 않고 유기용매에는 용해된다.

— 밀도 및 굴절률은 포화탄화수소보다 크다.

화학성질

에틸렌계탄화수소는 2중결합의 특성으로부터 포화탄화수소의 성질과 본질적인 차이를 가진다.

부가반응

· 수소 및 할로겐의 부가반응

$$\underset{\text{에틸렌계탄화수소}}{R-CH=CH_2} + H_2 \rightarrow \underset{\text{포화탄화수소}}{R-CH_2-CH_3}$$

$$R-CH=CH_2 + X_2 \rightarrow R-\underset{\underset{X}{|}}{CH}-\underset{\underset{X}{|}}{CH_2}$$

· 할로겐화수소의 부가반응

HX의 수소원자는 2중결합을 이룬 두 탄소원자가운데서 수소원자수가 더 많은 탄소원자에 부가되고 X는 수소원자가 적은 탄소원자에 부가된다. 이것을 **마르꼬브니꼬브규칙**이라고 부른다.

례: $$CH_3-CH=CH_2 + HX \rightarrow CH_3-\underset{\underset{X}{|}}{CH}-\underset{\underset{H}{|}}{CH_2}$$

산화반응

· 산화제에 대하여 예민하다.

$$CH_2=CH_2 \xrightarrow[\text{묽은 } KMnO_4]{+\,H_2O} \underset{\text{에틸렌글리콜}}{\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}-\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}}$$

· 열을 주면서 세게 산화시키면 산이나 케톤으로 된다.(2중결합이 끊어진다.)

$$R-CH=CH-R \xrightarrow{4[O]} R'-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix} + R'-C\begin{matrix}{}^{\nearrow O}\\ {}_{\searrow OH}\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!>C=C<\!\begin{matrix}R\\R\end{matrix} \xrightarrow{2[O]} 2\ \begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!>C=O$$

케톤

중합반응

2중결합에서 π결합이 끊어지면서 중합되여 고분자화합물이 얻어진다.

례: $nCH_2=CH_2 \longrightarrow \left[CH_2-CH_2 \right]_n$

폴리에틸렌

아세틸렌계탄화수소(알킨)

탄소원자들사이에 3중결합을 1개만 가지고있는 탄화수소를 **아세틸렌계탄화수소**라고 부른다.

— 아세틸렌에서 수소원자를 알킬기로 바꾸어가면 일반식 C_nH_{2n-2}에 맞먹는 동족렬이 이루어진다.

C_2H_2	$CH\equiv CH$	아세틸렌
C_3H_4	$CH\equiv C-CH_3$	메틸아세틸렌
C_4H_6	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$	에틸아세틸렌
……	……	………

이 동족렬을 **아세틸렌동족렬**이라고 부른다.

— 아세틸렌계탄화수소는 기준이름과 일반이름으로 많이 부른다.

— 아세틸렌계탄화수소는 그 구조에 따라 고유한 물리, 화학성질을 가진다.

구조

아세틸렌의 분자구조

· 탄소원자가 sp^3이나 sp^2이 아닌 sp혼성궤도를 이룰 때에는 섞이지 않은 궤도로 p_y, p_z가 있게 된다.(그림 1—15)

· 아세틸렌을 놓고보면 2개의 탄소원자는 sp혼성궤도로 σ결합을 이루고 두 탄소의 p_y, p_z궤도끼리 겹쳐져 2개의 π결합을 이루게 된다. 따라서 아세틸렌은 π전자구름이 원통모양을 가지게 되고 그속에 C—C의 σ결합이 끼여있는 직선형분자를 이룬다.(그림 1—16)

· C≡C결합은 C=C결합에 비해 센 결합이며 결합길이도 짧다.

sp탄소의 C—H결합길이는 sp^3, sp^2탄소의 C—H에 비해 짧으며 해리에네르기는 크다.

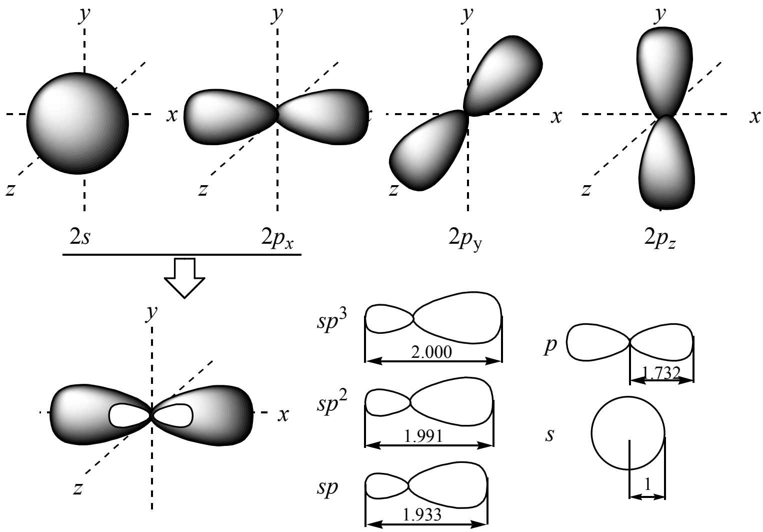


그림 1—15. sp혼성궤도와 크기비교

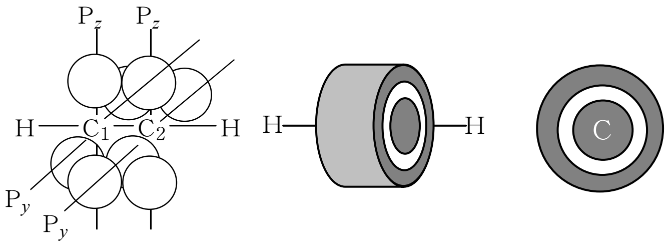


그림 1—16. 아세틸렌분자의 전자적구조

아세틸렌계탄화수소의 이름부르기

기준이름

아세틸렌계탄화수소들을 아세틸렌분자의 수소원자가 알킬기로 갈린 유도체로 보고 이름부른다.

례: H—C≡C—H 아세틸렌

CH_3—C≡C—H 메틸아세틸렌

CH_3—C≡C—CH_3 디메틸아세틸렌

일반이름

탄소사슬의 구조가 같은 포화탄화수소의 일반이름에서 마지막 《안》을 《인》으로 바꾸고 3중결합의 자리를 수로 밝혀부른다.

례: CH≡CH 에틴

CH_3—C≡CH 프로핀

CH_3—CH_2—C≡CH 1—부틴

$$\begin{array}{l} CH_3-CH-C\equiv CH \\ \qquad\quad | \\ \qquad\ CH_3 \end{array}$$ 3—메틸-1—부틴

아세틸렌계탄화수소의 성질

물리성질

· 아세틸렌계탄화수소는 물에 잘 용해되지 않으나 유

기용매에는 용해된다.

· 끓음점, 녹음점은 포화탄화수소나 에틸렌계탄화수소의 동족렬에서와 비슷하게 변한다. 탄소사슬에서 3중결합의 자리가 끓음점에 큰 영향을 준다. 례를 들어 1-부틴은 8.5℃에서 끓는데 2-부틴은 27℃에서 끓는다.

화학성질

· 아세틸렌은 π결합이 2개 있으므로 부가반응과 중합반응을 잘 일으킨다.

· C—H결합의 H는 산성을 띠면서 치환반응도 한다.

부가반응

$$\mathrm{HC\equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2{=}CH(Cl)}$$

염화비닐

$$\mathrm{HC\equiv CH \xrightarrow{+H_2} CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{+\ H_2} CH_3{-}CH_3}$$

에틸렌 에탄

$$\mathrm{HC\equiv CH + H_2O \longrightarrow CH_3{-}CHO}$$

아세트알데히드

$$\mathrm{HC\equiv CH + CH_3COOH \longrightarrow CH_2{=}CH(OCOCH_3)}$$

초산비닐

중합반응

$$\mathrm{HC\equiv CH + HC\equiv CH \longrightarrow CH_2{=}CH{-}C\equiv CH}$$

비닐아세틸렌

산화 및 연소반응

$KMnO_4$용액에 의하여 3중결합이 끊어지면서 개미산이 된다.

$$HC\equiv CH + H_2O \xrightarrow{3[O]} 2HCOOH$$

개미산

$$2HC\equiv CH + 5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

치환반응

$$HC\equiv CH + Cu_2O \longrightarrow Cu-C\equiv C-Cu + H_2O$$

동아세틸레니드

아세틸렌의 용도

— 유기합성공업의 중요한 원료이다.

· 아세틸렌으로부터 에틸알콜, 초산부틸알콜, 아세톤, 초산에틸, 염화비닐, 초산비닐 등을 합성하며

· 비날론, 모비론, 염화비닐수지, 합성고무, 농약, 접착제, 가소제, 칠감, 용매 등을 만든다.

— 아세틸렌은 금속의 용접과 절단, 아세틸렌그을음을 만드는데 쓰인다.

디엔계탄화수소

분자안에 2중결합을 두개 가지고있는 지방족불포화탄화수소를 **디엔계탄화수소**라고 부른다.

일반식은 C_nH_{2n-2}이다.

례: $CH_2=CH-CH=CH_2$ 부타디엔

디엔계탄화수소는 2중결합의 위치에 따라 알렌계탄화수소, 공액디엔계탄화수소, 고립디엔계탄화수소로 나눈다.

— 고립디엔계탄화수소의 성질은 에틸렌계탄화수소의 성질과 같지만 알렌계탄화수소와 공액디엔계탄화수소는 에틸렌계탄화수소와 성질이 같은것도 있고 자기의 고유한 화학성질도 나타낸다.

— 디엔의 이름은 일반이름으로 부른다.

디엔의 일반이름은 에틸렌계탄화수소와 같이 부르는데

다만 《엔》대신에 《디엔》을 붙인다.

례: $CH_2=CH—CH=CH_2$ 1,3-부타디엔

$$CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2$$ 2-메틸-1,3-부타디엔
이소프렌

공액디엔계탄화수소

단결합과 2중결합이 엇바뀌여있는 탄화수소를 **공액디엔계탄화수소**라고 부른다.

공액디엔계탄화수소는 디엔계탄화수소가운데서 가장 중요하다.

공액디엔에서 가장 간단한 화합물은 1,3-부타디엔(디비닐)이다.

$CH_2=CH—CH=CH_2$ 1,3-부타디엔

구조

1,3-부타디엔의 전자적구조

1,3-부타디엔은 sp^2혼성궤도를 이루는 4개의 탄소가 사슬을 이루고 $C_2—C_3$결합의 량쪽부분($CH_2=CH—$)이 한 평면우에 놓여있다.(그림 1—17)

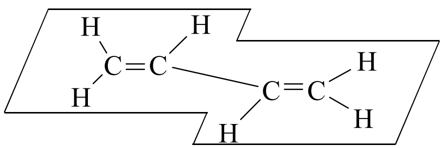


그림 1—17. 1,3-부타디엔의 평면구조

※ σ결합($C_2—C_3$)의 량쪽 2중결합의 분자면이 같은 경우에 이 2개의 2중결합을 서로 **공액**이라고 부른다.

공액계에서 량쪽의 π전자구름의 가로자름면은 마치 평행인 2개의 p궤도와도 같다.

따라서 이것들사이에서도 호상작용이 일어나서 π결합은 $C_1—C_2$과 $C_3—C_4$사이에서만이 아니라 $C_2—C_3$사이에서도 이루어지게 된

다.(그림 1—18)

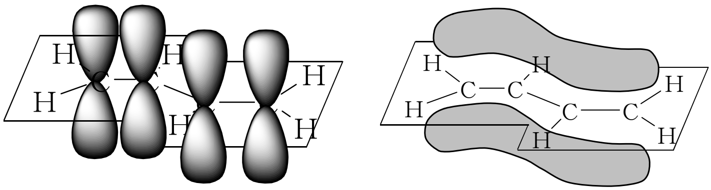
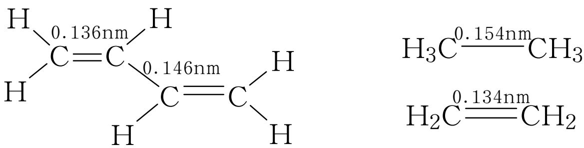


그림 1—18. 1,3-부타디엔의 π결합

이렇게 π결합이 모든 탄소원자들사이에서 다 이루어지기때문에 π전자구름은 계전체에 걸쳐 하나의 구름띠를 만들게 된다. 따라서 π전자들은 계에 들어있는 모든 탄소원자들의 핵주위를 운동할수 있다. 이런것을 π결합의 **비국재화**라고 부른다.

· 1,3-부타디엔에서는 비국재화된 π결합에 의하여 탄소원자들사이의 거리가 퍽 고르로와진다.

즉 C_1=C_2, C_3=C_4의 결합길이는 에틸렌의 2중결합길이보다 길고 C_2—C_3결합길이는 에탄의 단결합길이보다 짧다.



이것은 1,3-부타디엔분자에서 탄소원자들사이의 단결합과 2중결합은 보통의 단결합이나 2중결합과 다른 특성을 가진다는것을 말해준다.

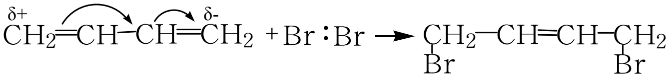
공액디엔의 화학성질

공액디엔은 분자구조에서 특성이 있으므로 화학성질에서도 류다른 성질을 나타낸다.

부가반응

공액디엔에서는 1,2 및 1,4 부가반응을 일으키는데

주로 1,4 부가반응방향으로 반응이 일어난다.

례: 

1,4-디브롬부텐

중합반응

공액디엔의 가장 중요한 특성은 알켄보다 더 쉽게 중합되는것이다.

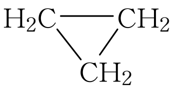
례: $nCH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \longrightarrow (CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2)_n$

부타디엔 → 폴리부타디엔

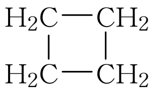
24. **지환족탄화수소**

탄소원자사이에 단결합을 하고있는 고리화합물을 **지환족탄화수소**라고 부른다.

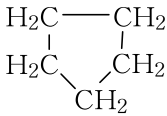
— 지환족탄화수소는 고리를 이루는 탄소원자수에 따라 3원고리, 4원고리, 5원고리, 6원고리화합물 등으로 나눈다.



시클로프로판
(3원고리)



시클로부탄
(4원고리)



시클로펜탄
(5원고리)

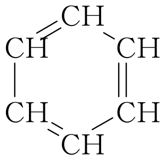
— 3원 및 4원고리는 불안정하며 6원고리는 비교적 안정하다.

— 지환족탄화수소는 탄소수가 같은 지방족탄화수소와 성질이 비슷하나 굴절률이 크고 끓음점이 높다.

— 지환족탄화수소는 고리가 열리는 반응, 고리가 줄어드는 반응, 부가반응, 산화반응 등을 일으킨다.

25. 방향족탄화수소

분자안에 벤졸고리를 가지고있는 탄화수소를 **방향족탄화수소**라고 부른다.

례: 

벤졸

일반식은 C_nH_{2n-6}(n≧6)이다.

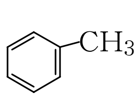
— 방향족탄화수소라는것은 이 족의 화합물들이 향기를 풍긴다는데서 나온 말이다. 그러나 향기를 풍기지 않는 물질이 더 많이 알려져 본래의 뜻과는 맞지 않지만 굳어진 표현이므로 그대로 쓴다.

방향족탄화수소의 분류

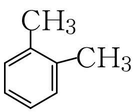
① 벤졸계탄화수소

벤졸과 벤졸의 수소원자가 알킬기로 갈리운 탄화수소를 **벤졸계탄화수소**라고 부른다.

· 벤졸에서 수소원자를 알킬기로 바꾸면 일반식 C_nH_{2n-6}에 맞먹는 하나의 동족렬이 얻어진다.

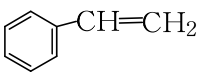
례: 

톨루올
(메틸벤졸)



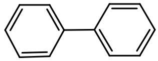
크실롤
(*o*-크실롤)

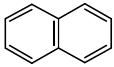
· 벤졸에서 수소원자가 불포화탄화수소기로 치환된 탄화수소로는 스티롤을 들수 있다.



② 여러핵방향족탄화수소

벤졸고리가 여러개인 방향족탄화수소를 여러핵방향족탄화수소라고 부른다.

레: 디페닐 

나프탈린 

— 방향족탄화수소는 구조적특성으로부터 불포화탄화수소와 성질이 다르다.

벤졸의 구조

— 벤졸분자의 6개 탄소원자들은 sp^2혼성궤도상태에 놓여있다. 즉 매개 탄소원자들은 같은 평면상에서 σ결합으로 바른6각형평면을 이루고있으며 매 탄소원자들에는 p전자 1개씩 배치되여있다.

— 매개 p궤도의 전자구름은 량옆에 있는 p궤도의 전자구름과 서로 겹치므로 전체 탄소원자에 걸쳐 1개의 통일적인 분자궤도를 이룬다.

따라서 벤졸고리에서 6개 탄소원자의 전자밀도가 고르로와지며 고리형태의 전자구름이 생기게 된다. 결과 탄소원자들사이의 결합길이는 꼭같이 0.14nm이다.

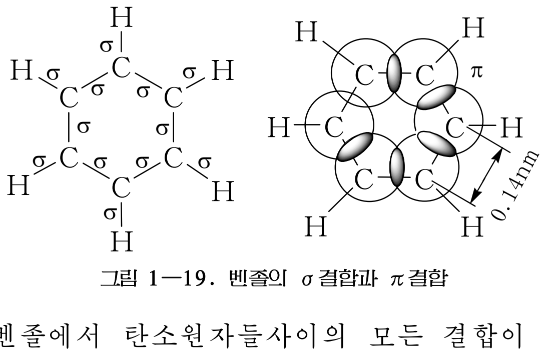
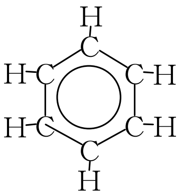


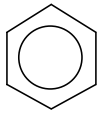
그림 1—19. 벤졸의 σ결합과 π결합

— 벤졸에서 탄소원자들사이의 모든 결합이 꼭같다는

것을 반영하여 벤졸의 구조는 6개 탄소원자로 이루어진 σ결합고리안에 둥근띠를 둘러 비국재화된 π결합을 나타내기로 약속한다.



간단히



벤졸의 성질

— 특이한 냄새를 가진 액체이다. 끓음점은 80℃이다. 무극성분자이므로 물에 용해되지 않는다. 유기물질을 잘 용해하므로 유기용매로 쓰인다.

— 공기속에서 태울 때 그을음을 낸다.

그것은 탄화수소조성에서 탄소의 비률이 크기때문이다.

$2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O$

※ 그을음을 내는 까닭

탄화수소조성에서 탄소의 비률이 크면 그을음을 낸다.

· CH_4에서 C:H = 1:4, CH_3OH → 1:4, C_2H_5OH → 1:3 같은것들은 그을음을 내지 않는다.

· C_6H_6 → 1:1, C_2H_2 → 1:1 같은것들은 그을음을 낸다.

— 6개의 H원자는 성질이 꼭같다.

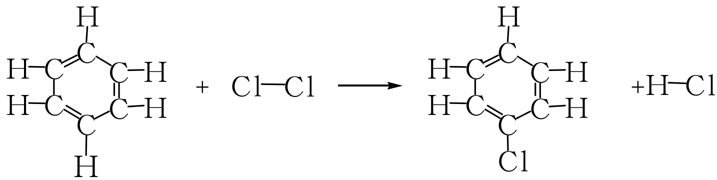
— 벤졸은 에틸렌계탄화수소와 달리 부가반응보다 치환반응을 더 잘한다.

벤졸과 같이 분자안에 π결합을 가지고있으면서도 부가반응보다 치환반응이 더 잘 일어나며 산화제에 대하여 매우 안정한 성질을 **방향성**이라고 부른다.

치환반응

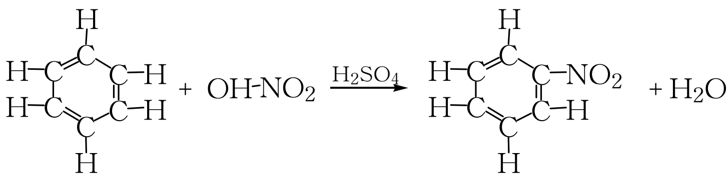
ㄱ) 할로겐화

$FeCl_3$을 촉매로 하여 벤졸에 염소를 작용시키면 H가 Cl로 갈리운다.(2중결합이 있으나 덧붙지 않는다.)



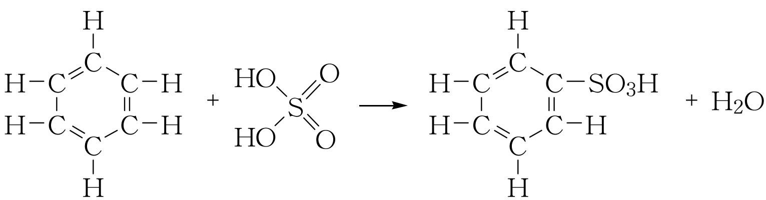
ㄴ) 니트로화

벤졸에 짙은 질산과 짙은 류산의 혼산을 작용시키면 니트로벤졸이 생긴다.



ㄷ) 술폰화

벤졸을 짙은 류산과 함께 열주면 벤졸술폰산이 생긴다.

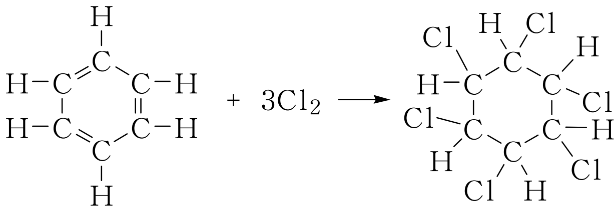


부가반응

벤졸은 불포화결합을 가지고있으나 부가반응이 힘들다. 그러나 조건에 따라서 부가반응이 일어난다.

ㄱ) 할로겐의 부가

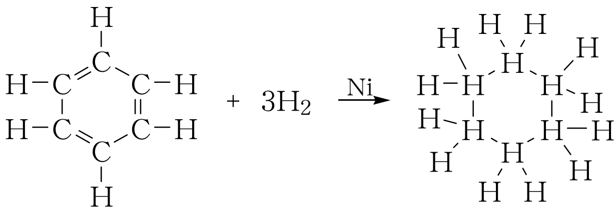
벤졸에 센 빛을 쪼여주면서 염소를 작용시키면 헥사클로란이 생긴다.



헥사클로란

ㄴ) 수소의 부가

Ni을 촉매로 하여 벤졸에 수소를 부가하면 시클로헥산으로 된다.



시클로헥산

26. 알콜

탄화수소에서 수소원자가 히드록실기(—OH)로 갈리운 탄화수소의 유도체를 **알콜**이라고 부른다.

일반식은 R—OH이다.

알콜의 분류

— 알콜은 히드록실기의 수에 따라 1가알콜, 2가알콜, 3가알콜, 다가알콜로 나누며 탄화수소기의 종류에 따라 포화알콜, 불포화알콜, 방향족알콜로 나눈다.

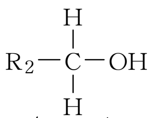
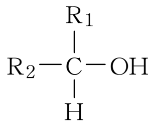
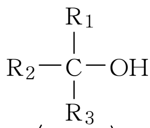
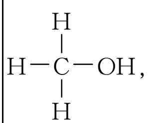
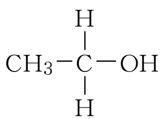
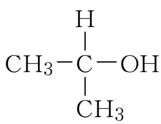
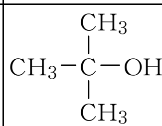
례: 포화1가알콜　CH_3OH 메타놀, C_2H_5OH 에타놀

포화2가알콜　$C_2H_4(OH)_2$ 에틸렌글리콜

포화3가알콜　$C_3H_5(OH)_3$　글리세린

— 또한 히드록실기와 결합된 탄소원자의 급수에 따라 1급알콜, 2급알콜, 3급알콜로 나누기도 한다.

알콜의 급수는 히드록실기와 직접 결합되여있는 탄소원자가 몇개의 탄화수소기와 결합되여있는가에 의하여 구별된다.(R는 알킬기)

	1급알콜		2급알콜	3급알콜
형식	 (R-1개 H-2개)		 (R-2개 H-1개)	 (R-3개 H-없음)
례	 메타놀	 에타놀	 이소프로필알콜	 3급부틸알콜

구조

알콜분자의 구조는 물분자에서 수소원자 1개를 탄화수소기로 바꾼것으로 볼수 있다.

따라서 알콜분자는 물분자와 비슷한 극성을 띤다.

알콜의 이름부르기(1가알콜)

습관이름

알킬기의 이름 다음에 《알콜》을 붙인다.

일반이름

탄소원자수가 같은 탄화수소의 이름 다음에《올》을 붙이고 히드록실기의 위치를 수자로 나타낸다.

알 콜	습관이름	일반이름
$CH_3—OH$	메틸알콜	메타놀
$CH_3CH_2—OH$	에틸알콜	에타놀
$CH_3—CH_2—CH_2—OH$	프로필알콜	1-프로파놀
$CH_3-\underset{OH}{CH}-CH_3$	이소프로필알콜 (2급프로필알콜)	2-프로파놀
$CH_3—CH_2—CH_2—OH$	부틸알콜	1-부타놀
$CH_3-CH_2-\underset{OH}{CH}-CH_3$	2급 n-부틸알콜	2-부타놀
$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-OH$	이소부틸알콜	2-메틸-1-프로파놀
$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{OH}{C}}-CH_3$	3급부틸알콜	2-메틸-2-프로파놀

— 2가알콜은 탄소원자수가 같은 포화탄화수소의 이름뒤에 《디올》을 붙이고 히드록실기의 위치를 수자로 나타낸다.

례: $\underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2}$ 1,2-에탄디올

알콜의 성질

물리성질

— 보통온도에서 부틸알콜까지는 흐르기 쉬운 액체이고 $C_{10}H_{21}OH$까지는 기름모양의 액체이며 이보다 탄소원

자수가 더 많은것들은 고체이다.

— 탄소수가 적은 알콜은 물에 잘 용해된다.

알콜분자안의 –OH는 O가 음전하를, H가 양전하를 띤 극성기이다.(극성이 큰 분자는 물에 쉽게 용해된다.)

그러므로 알콜분자들끼리 또한 알콜분자와 물분자사이에서도 수소결합이 이루어진다.(그림 1—20)

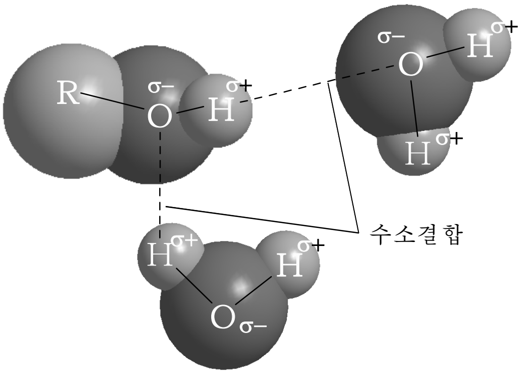


그림 1—20. 알콜과 물분자사이의 수소결합

— 탄소원자수가 커지면 무극성부분이 커지므로 물에 잘 용해되지 않으며 분자사이의 힘이 커져 끓음점이 높아진다.

화학성질

알콜은 치환반응, 산화반응, 에테르 및 에스테르의 생성반응을 한다.

치환반응

· 탄소수가 적은 알콜(액체)에 나트리움이나 칼리움을 넣으면 —O—H의 수소원자가 금속원자로 바뀐다.

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow \underset{\text{나트리움에틸라트}}{2C_2H_5ONa} + H_2$$

여기서 O와 Na은 전기음성도차가 크므로 이온결합을

이루고있다. 즉 $C_2H_5O^-Na^+$형으로 되여있다.

· 알콜에 할로겐화수소를 작용시키면 –OH가 할로겐에 의하여 갈리운다.

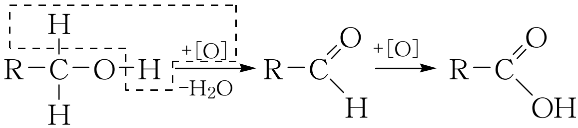
$$C_2H_5OH + HCl \rightarrow C_2H_5Cl + H_2O$$

염화에틸(클로로에탄)

산화반응

· 알데히드, 카르본산이 생기는 반응

1급알콜을 산화시키면 알데히드를 거쳐 카르본산으로 된다.



1급알콜 알데히드 카르본산

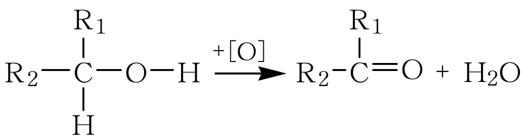
례: $CH_3CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{+[O]} CH_3CHO \xrightarrow{+[O]} CH_3COOH$

에타놀 아세트알데히드 초산

※ 우의 반응에서 $C_2H_5OH \rightarrow CH_3CHO$는 2개의 수소가 떨어져나가므로 산화반응이다.

· 케톤이 생기는 반응

2급알콜을 산화시키면 케톤으로 된다.



2급알콜 케톤

례: $(CH_3)_2CHOH \xrightarrow{+[O]} (CH_3)_2CO + H_2O$

이소프로필알콜

3급알콜은 산화되기 어렵다.

· 에테르가 생기는 반응

알콜 두 분자에서 한 분자의 물이 떨어지면서 에테르가

생긴다.

$$C_2H_5-O-H + H-O-C_2H_5 \longrightarrow C_2H_5-O-C_2H_5 + H_2O$$

에타놀　　　　　에타놀　　　　　디에틸에테르

※ 이 반응에서 온도를 높이면(160℃이상) 에틸렌이 생긴다.

$$C_2H_5OH \rightarrow CH_2{=}CH_2 + H_2O$$

· 에스테르가 생기는 반응

알콜에 유기 및 무기산을 작용시키고 탈수제인 류산을 넣으면 에스테르가 생긴다.

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + H-O-C_2H_5 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5 + H_2O$$

초산　　　　　에타놀　　　　　초산에틸에스테르

알콜의 용도

— 알콜은 유기용매로 널리 쓰이며 물감, 의약품, 칠감 등 화학공업의 원료로, 에스테르합성과 가소제 등을 만드는데 쓰인다.

27. 에테르

2개의 알킬기가 산소원자를 사이에 두고 결합되여있는 화합물을 **에테르**라고 부른다.

례: $CH_3-O-C_2H_5$

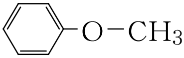
— 에테르에는 2개의 알킬기가 꼭같은 에테르(단일에테르)와 서로 다른 에테르(혼성에테르)가 있다.

례: 지방족에테르

CH_3-O-CH_3　　디메틸에테르(단일에테르)

$CH_3-O-C_2H_5$　　메틸에틸에테르(혼성에테르)

방향족에테르

·  메틸페닐에테르

— 에테르는 보통 알콜 두 분자에서 H_2O 한 분자가 떨어지면서 만들어진다. 또는 나트리움에틸라트와 염화메틸과의 반응에 의해서도 생긴다.

$$C_2H_5O\boxed{Na + Cl}-CH_3 \longrightarrow C_2H_5-O-CH_3 + NaCl$$

— 안정하며 색이 없고 휘발성이 있는 인화성액체이다.

— 극성이 작고 물에 조금밖에 용해되지 않는다.

— 마취성을 가진다.

— 디메틸에테르$(CH_3)_2O$는 보통온도에서 기체이다. (끓음점 -24℃)

28. 알데히드

분자안에 알데히드기 $-CHO$를 가지고있는 탄화수소의 유도체를 **알데히드**라고 부른다.

$>C=O$ 를 **카르보닐기**라고 부른다.

알데히드는 카르보닐기 $>C=O$ 의 한쪽에 수소원자가 결합되여있으며 일반식은 $R-CHO$이다.

— 알데히드는 포화알데히드와 불포화알데히드, 방향족알데히드로 나눈다.

알데히드의 이름부르기

습관이름

알데히드를 산화할 때 얻어지는 카르본산의 이름에 《알데히드》를 붙여 부른다.

기준이름

아세트알데히드를 기준물질로 정하고 다른 알데히드를 그의 유도체로 보고 이름을 부른다.

일반이름

같은 탄소원자수를 가진 포화탄화수소의 이름에 《알》을 붙여 부른다.

알데히드	습관이름	기준이름	일반이름
HCHO	개미산알데히드 (포름알데히드)		메타날
CH_3CHO	초산알데히드	아세트알데히드	에타날
$CH_3—CH_2—CH_2—CHO$	*n*-버터산 알데히드	에틸아세트 알데히드	부타날
$CH_3-CH(CH_3)-CHO$	이소-버터산 알데히드	디메틸아세트 알데히드	2—메틸 프로파날

알데히드의 성질

물리성질

— 개미산알데히드는 기체이고 탄소수가 그 이상부터는 센 자극성냄새를 가진 액체 또는 고체이다.

— 개미산알데히드, 초산알데히드는 물에 잘 용해되지만 탄소원자수가 커짐에 따라 물에 대한 용해도는 급격히 작아진다.

— 알콜, 에테르 등 유기용매에는 임의의 비률로 섞인다.

화학성질

알데히드는 활성이 센 카르보닐기를 가지고있기때문에 부가반응, 치환반응, 산화반응, 중합반응 및 축합반응을 한다.

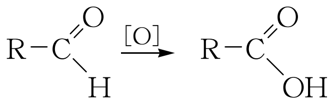
부가반응

· 알데히드에 수소를 부가하면 알콜로 된다.

$$\underset{\text{알데히드}}{R-C(=O)-H} + H_2 \longrightarrow \underset{\text{알콜}}{R-CH_2-OH}$$

산화반응

알데히드기는 쉽게 산화되여 카르복실기로 된다. 따라서 알데히드기는 환원제적성질이 있다.



알데히드　　　　카르본산

상식

거울을 어떻게 만드는가

유리거울로는 자기의 모습을 조금도 차이없이 깨끗하게 볼수 있다. 지금의 유리거울은 모두 유리우에 은을 얇게 도금한것이다.

은층을 특수하고 흥미있는 화학반응인 은거울반응으로 도금한다.

먼저 깨끗한 시험관에 2% 질산은용액을 2mL 넣고 천천히 5% 암모니아수를 떨구어넣으면 제일 처음 생겨나는것이 흰색의 침전물인데 그것이 다 용해된 다음 10% 포도당용액 2mL를 더 넣는다.

고르롭게 혼합하고 시험관을 60~80℃의 물속에 넣고 가열하면 시험관벽에 번쩍거리는 은층, 은거울이 만들어진다.

원래 포도당은 환원재간을 가지고있기때문에 질산은에 있는 은을 환원시켜 금속은으로 만들어 유리벽에 침전시킬수 있다. 거울을 오래 쓰게 하기 위하여 보통 은도금을 한 다음 붉은색의 보호칠감을 바른다. 이렇게 하면 은층이 쉽게 벗겨지지 않는다.

최근에 새형의 유리거울인 알루미니움거울이 나오고있는데 그것은 유리뒤면에 매우 얇게 알루미니움을 도금해서 만든것이다.

알데히드에 갓 만든 은암민착화합물용액을 작용시키면 알데히드가 산화되면서 은을 환원시킨다.

$$R{-}CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow$$

$$\rightarrow RCOOH + 2Ag + 4NH_3 + H_2O$$

이때 생기는 은은 그릇의 벽에 거울로 나붙는다. 그러므로 이 반응을 **은거울반응**이라고 부른다.

치환반응

알데히드기의 산소가 할로겐화물에 의하여 치환된다.

$$R-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow H\end{smallmatrix} + PCl_5 \longrightarrow R-CHCl_2 + POCl_2$$

오염화린 디클로로알킬 옥시염화린

중합반응

알데히드는 산촉매가 있으면 쉽게 중합된다.

$$nCH_2O \xrightarrow{H^+} \left[-CH_2O-\right]_n$$

축합반응

염기성매질에서 알데히드 두 분자가 결합되여 알데히드기와 히드록실기를 동시에 가지고있는 화합물(알돌)로 된다.

$$CH_3-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow H\end{smallmatrix} + H-CH_2-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow H\end{smallmatrix} \xrightarrow{NaOH} CH_3-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow H\end{smallmatrix}$$

알돌

알데히드의 용도

— 포름알데히드는 비날론, 수지합성에 쓰이며 소독약, 폭발물 등을 만드는데 쓰인다.

— 초산알데히드는 비날론생산의 중간물질이며 초산, 에틸알콜 만드는데와 유기용매로 쓰인다.

초산알데히드는 의약품, 물감, 폭발물, 향료, 합성고무 및 합성수지의 원료로 쓰인다.

29. 케톤

카르보닐기($>C=$)의 탄소에 2개의 탄화수소기가

결합된 화합물을 **케톤**이라고 부른다.

일반식은 $\mathrm{R{-}\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}R'}$ 이다.

— R, R′가 알킬기이면 **지방족케톤**이라고 부르며 R, R′에서 하나 또는 2개가 알릴기(방향족탄화수소기)인것을 **방향족케톤**이라고 부른다.

— 케톤의 고유한 기능원자단은 카르보닐기($>\mathrm{C{=}O}$)이며 일반식에서 R′가 수소원자이면 알데히드(RCHO)로 된다. 따라서 알데히드와 케톤은 만들기와 성질에서 공통성이 있다.

케톤의 성질

물리성질

— 탄소원자수가 적은 지방족케톤은 특수한 냄새를 가진 액체이며 물, 알콜, 에테르 등에 용해된다.

— 탄소원자수가 늘어남에 따라 물에 잘 용해되지 않으며 탄소원자수가 많은 지방족케톤은 고체이다.

화학성질

산화반응

· 일반적으로 산화에 안정하나 센 산화제로 산화시키면 2개의 카르본산으로 된다.

$$\mathrm{RCOCH_2R'} \xrightarrow{[O]} \mathrm{RCOOH + R'COOH}$$

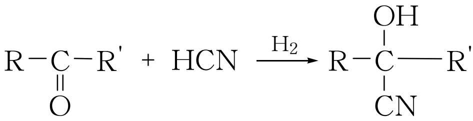
부가반응

· 수소를 부가시키면 2급알콜로 된다.

$$\mathrm{R{-}\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}R'} \xrightarrow{H_2} \mathrm{R{-}\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{CH}{-}R'}$$

2급알콜

· 시안화수소를 부가시키면 시안히드린이 된다.



시안히드린(α-옥시니트릴)

축합반응

알데히드와는 달리 중합반응을 하지 않으나 탄소원자수가 적은 케톤은 두 분자 또는 세 분자가 축합되기도 한다.

30. 카르본산

탄화수소의 수소원자가 카르복실기(—COOH)로 갈리운 탄화수소유도체를 **카르본산**이라고 부른다.

일반식은 $C_nH_{2n+1}COOH$(포화지방족카르본산)

— 저급카르본산은 용매, 물감, 의약품, 향료 만드는데 쓰이며 고급카르본산은 비누, 양초 만드는데 쓰인다.

카르본산의 분류

— COOH의 수에 따르는 카르본산의 나누기

나누기	산	그의 염
모노카르본산 COOH 1개 (모노=1)	HCOOH 개미산	HCOONa 개미산나트리움
	CH_3COOH 초산	$(CH_3COO)_2Pb$ 초산염
	$C_{17}H_{35}COOH$ 스테아린산	$C_{17}H_{35}COONa$ 스테아린산나트리움
디카르본산 COOH 2개 (디=2)	COOH | COOH 싱아산	COONa | COONa 싱아산나트리움

카르본산의 기타 나누기

나누기	저급카르본산		고급카르본산	
	포화	불포화	포화	불포화
1가 카르본산	$H-COOH$ (개미산)	$CH_2=CH-COOH$ (아크릴산)	$CH_3(CH_2)_{14}-COOH$ (팔미틴산)	$C_{17}H_{33}-COOH$ (올레인산)
	CH_3-COOH (초산)	$CH_2=C(CH_3)-COOH$ (메타크릴산)	$CH_3(CH_2)_{16}-COOH$ (스테아린산)	$C_{17}H_{31}-COOH$ (리놀산)
	$CH_3-(CH_2)_2-COOH$ (버터산)			
2가 카르본산 (디카르본산)	$COOH$ $\vert$ $COOH$ (싱아산)	$CH-COOH$ $\Vert$ $CH-COOH$ (말레인산)		
	CH_2-CH_2-COOH $\vert$ CH_2-CH_2-COOH (아디핀산)			
방향족 카르본산	C_6H_5-COOH 안식향산			
	$C_6H_4(COOH)_2$ 프탈산			

— 지방족카르본산과 방향족카르본산

탄화수소기에 직접 카르복실기가 결합되여있는것을 **지방족카르본산**이라고 부르고 벤졸고리에 직접 카르복실기가 결합되여있는것을 **방향족카르본산**이라고 부른다.

상식

조선민족음식 김치는 어떻게 만들어지는가

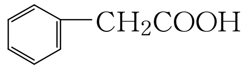
우리 인민은 예로부터 김치를 담그어 먹었다.

김치의 기본재료인 배추나 무우에는 젖산균이 있으므로 김치를 담글 때 따로 젖산균을 배양하여 넣지 않아도 된다. 김치를 담그면 배추나 무우속에 있던 당분이 밖으로 빠져나온다. 이 당분을 젖산균이 먹고 젖산을 만든다.

젖산균이 많이 증식하여 젖산이 생기면 다른 잡균들은 자라지 못하게 되며 이때 김치의 맛이 든다.

그러나 젖산균이 너무 많이 증식하면 김치가 시여지며 이때 젖산균의 증식은 멎고 김치를 변질시키는 다른 미생물이 자라기 시작하여 김치를 썩인다.

즉 김치에서 군내가 나고 배추나 무우가 물렁물렁해진다.

※ 페닐초산()은 방향족화합물이기는 하지만 –COOH가 벤졸고리에 직접 결합되여있지 않으므로 지방족카르본산의 성질을 가진다.

카르본산의 성질

물리성질

— 탄소원자수가 적은 카르본산은 색이 없는 액체이다.

— 저급카르본산은 물에 잘 용해된다.

탄소원자수가 5 이상은 물에 용해되지 않는다.

화학성질

— 카르본산은 무기산보다 약한 산으로서 수용액에서 다음과 같이 해리된다.

$$C_nH_{2n+1}COOH \rightarrow C_nH_{2n+1}COO^- + H^+$$

따라서 산성을 띤다.

그러므로 금속, 금속산화물 및 염기와 반응한다.

$$2CH_3COOH + Mg \rightarrow (CH_3COO)_2Mg + H_2$$

초산마그네시움

$$RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$$

카르본산 카르본산나트리움

$$2CH_3COOH + Na_2CO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

초산 탄산나트리움

— 알콜과 반응하여 에스테르를 만든다.

$$RCOOH + R'OH \rightarrow R{-}COOR' + H_2O$$

카르본산 알콜 에스테르

— 할로겐을 작용시키면 α-탄소에 붙은 수소원자가 치환된다.

— 두 분자의 카르본산에서 한 분자의 물을 떼면 산무수물이 생긴다.

— 개미산은 카르본산의 성질과 알데히드의 성질을 다 나타낸다.

31. 에스테르

카르본산(또는 무기산)과 알콜로부터 물이 떨어지고 생긴 화합물을 **에스테르**라고 부른다.

례: $RCOOH + HOR' \rightarrow RCOOR' + H_2O$

카르본산 알콜 에스테르

$$R{-}OH + HO{-}SO_3H \rightarrow R{-}O{-}SO_3H$$

알콜 류산 류산에스테르

— 저급유기산과 1가알콜의 에스테르는 파일냄새를 내므로 식료품의 향료로 쓰인다.

— 글리세린과 고급지방산 또는 불포화지방산의 에스

테르는 기름으로서 동식물체에 존재한다.

에스테르의 성질

— 물에 잘 용해되지 않는 중성화합물이다.

— 저급지방산과 저급알콜로부터 생긴 에스테르는 휘발성을 가진다.

상식

크림은 어떤 물질로 만든것인가

크림은 오랜 옛날부터 사람들이 써오는 화장품이다.

우리들이 많이 쓰고있는 크림은 얼굴이나 손등에 발랐을 때 눈에 보이지 않으면서 살결을 부드럽게 보호하는 작용을 한다.

크림에는 살결을 부드럽게 보호하는 작용을 하는 글리세린과 함께 스테아린산($C_{17}H_{35}COOH$), 약간의 수산화칼리움(KOH) 그리고 향료가 들어있다.

알카리의 존재하에서 에스테르는 비누화된다.

례: $CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$

초산에틸에스테르 초산나트리움

— 물작용분해반응을 한다. 이때 에스테르화반응의 역반응이 일어난다.

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$$

초산에틸에스테르 초산 에타놀

에스테르의 물작용분해는 알카리($NaOH$, KOH)를 작용시키거나 열을 주어도 일어난다.

고급지방산의 글리세린에스테르에 $NaOH$를 작용시키면서 가열하면 비누가 생긴다. 이것을 **비누화반응**이라고 부른다.

$$C_3H_5(C_{17}H_{35}COO)_3 + 3NaOH \rightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3C_{17}H_{35}Na$$

트리스테아린 글리세린 비누

32. 니트로화합물

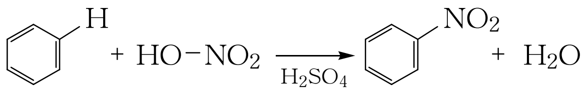
탄화수소의 수소원자가 니트로기(-NO_2)로 갈리운 화합물을 **니트로화합물**이라고 부른다.

— -NO_2가 탄소원자에 직접 결합되여있다.

— 널리 쓰이는 니트로화합물은 방향족니트로화합물이다.

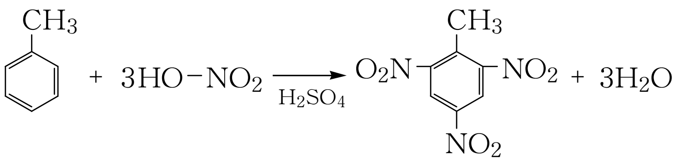
방향족니트로화합물

— 방향족니트로화합물은 보통 방향족탄화수소에 질은 질산을 작용시켜 만든다.

례: 

톨루올은 벤졸보다 더 쉽게 니트로화된다.

톨루올을 니트로화하면 메틸기에 대하여 *o*-와 *p*- 위치에 니트로기가 3개 들어간 트리니트로톨루올이 얻어진다.

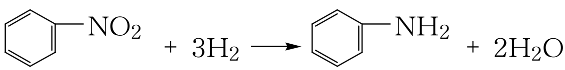


2, 4, 6-트리니트로톨루올

— 니트로기가 여러개 있는 방향족니트로화합물은 대체로 누런색결정이며 센 폭발력을 가진다. 그러므로 폭발물로 많이 쓰인다.

— 방향족니트로화합물의 성질에서 가장 중요한것은 환원반응이다.

니트로벤졸을 수소로 환원하면 니트로기가 아미노기 (—NH_2)로 변하면서 아닐린이 얻어진다.



아닐린

— 니트로화합물의 환원반응은 물감, 의약품을 비롯한 여러가지 유기물질을 합성하는데 널리 리용된다. 니트로벤졸은 주로 아닐린을 만드는데 쓰인다.

※ 니트로글리세린($C_3H_5(ONO_2)_3$)은 니트로기가 붙어있지만 《니트로화합물》이 아니라 에스테르이다.

왜냐하면 구조식에서 보는것과 같이 $-NO_2$가 탄소원자에 직접 결합되여있지 않기때문이다.

$$
\begin{array}{l}
CH_2-O-NO_2 \\
| \\
CH-O-NO_2 \\
| \\
CH_2-O-NO_2
\end{array}
$$

33. 아 민

암모니아의 수소원자가 탄화수소기로 갈리운 암모니아 유도체를 **아민**이라고 부른다.

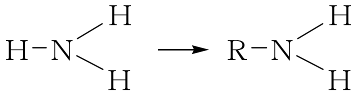
일화 노벨과 다이나마이트

1866년 어느날 공장안을 거닐고있던 노벨의 눈에 니트로글리세린이 들어있는 통을 나르는 한 로동자의 뒤모습이 눈에 띄였다. 그런데 통에 작은 구멍이 뚫려있었던지 니트로글리세린이 방울방울 떨어지고있었다.

《앗, 위험하다!》

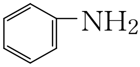
노벨은 순간 숨을 모아쉬며 이제 폭발할것이라 여겨 큰소리로 웨치면서 니트로글리세린이 떨어진 땅을 훑떠보았다.

그런데 이게 웬일인가! 니트로글리세린을 빨아들인 흙이 부풀고있을뿐 폭발이 일어나지는 않았다. (옳지 알았다! 니트로글리세린은 액체이기때문에 약간 흔들려도 폭발한다. 이것을 흙과 섞어놓으면 쉽사리 폭발하지 않지.) 이렇게 생각한 노벨은 열심히 연구를 거듭한 결과 규조토라는 흙이 니트로글리세린을 빨아들이는데 가장 알맞는다는것을 알아내였다. 그리하여 그는 안전성과 폭발성이 높은 새로운 폭약을 만들어 《다이나마이트》라고 이름을 붙이였다.



암모니아　　　　　　아민

— 이 탄화수소기(—R)가 벤졸고리이면 아닐린이다.

즉  이다.

— 아민은 약한 염기이다.

아닐린($C_6H_5NH_2$)

아닐린은 암모니아(NH_3)의 수소가 벤졸고리로 갈리운것으로 생각할수 있다. 아닐린은 암모니아보다 약한 염기이다.

— 순수한 아닐린은 특이한 냄새를 내는 색없는 액체이다. 물에는 조금 용해되고 유기용매에 잘 용해된다.

— 아닐린은 암모니아보다 염기성이 훨씬 약하다. 그러므로 센산과만 반응하여 염을 만든다.

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_2 \cdot HCl$$

이 수용액을 알카리성으로 하면 다시 아닐린이 갈라져나온다.

$$C_6H_5NH_2 \cdot HCl + NaOH \rightarrow C_6H_5NH_2 + NaCl + H_2O$$

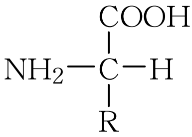
34. 아미노산

분자안에 아미노기(—NH_2)와 카르복실기(—COOH)를 함께 가지고있는 화합물을 **아미노산**이라고 부른다.

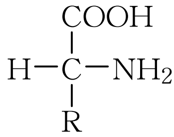
일반식은
$$R-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$$
이다.

— 아미노산은 아미노기와 카르복실기의 위치에 따라 α-, β-, γ-, δ- … 아미노산으로 나눈다.

아미노산에는 두가지 립체이성체가 있다.



L-α-아미노산



D-α-아미노산

단백질을 이루고있는 아미노산은 모두 L—α—아미노산이며 R—의 구조가 서로 다른 30여개가 알려져있다.

— 아미노산은 아미노기(–NH_2)와 카르복실기(-COOH)에 의하여 고유한 성질을 나타낸다.

— 아미노산은 단백질의 구성요소로서 맛을 내는데 쓰인다. 맛내기는 글루타민산의 나트리움염이다.

아미노산의 성질

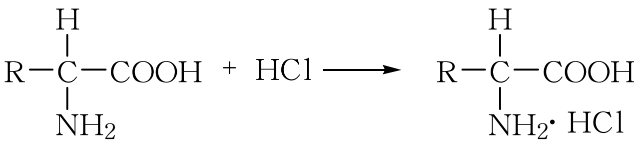
— 일반적으로 아미노산은 색이 없는 결정성물질이다.

— 물에 쉽게 용해된다.

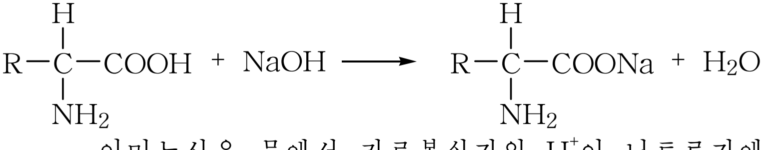
— α-아미노산은 단맛을 가진다.

— 아미노산분자속의 아미노기는 염기성이며 카르복실기는 산성이다. 이로부터 아미노산은 량성전해질이다.

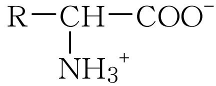
· 염기성을 가지므로 산과 작용하여 염을 만든다.



· 산성을 가지므로 염기와 작용하여 염을 만든다.



— 아미노산은 물에서 카르복실기의 H^+이 니트로기에로 옮겨가 +, -의 두 이온을 다 가진 량성이온을 만든다.



— 아미노산은 물이 떨어지면서 서로 결합한다.

상식

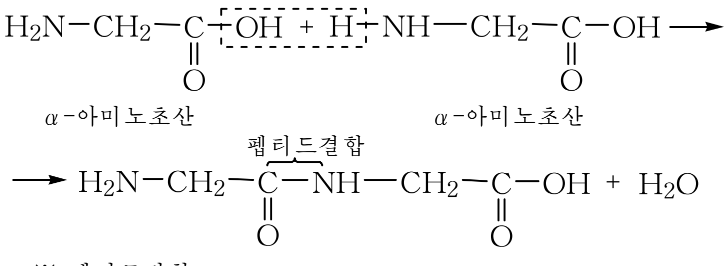
맛내기란 어떤 물질인가

맛내기의 주성분은 아미노산의 한 종류인 글루타민산의 모노나트리움염이다.

고기국을 끓일 때 구수한 냄새와 감칠맛이 나는것도 고기단백이 여러가지 아미노산으로 분해되고 그가운데서 일부가 글루타민산의 염 즉 맛내기와 같은것으로 되기때문이다.

맛내기의 맛성분들을 보면 감칠맛 71.4%, 단맛 9.8%, 짠맛 13.3%, 신맛 3.8%, 쓴맛 1.7%로서 고기맛과 같은 감칠맛이 기본이다. 맛내기의 우점은 0.03%의 작은 농도에서도 자기의 고유한 맛을 나타내며 끓는물에서도 분해되지 않는것이다. 그러므로 음식물에 조금 넣고 가공해도 자기의 맛을 나타낸다.

맛내기는 하루에 평균 1g정도 먹는것이 좋다.



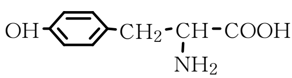
※ 펩티드결합

한 아미노산의 $-COOH$와 다른 아미노산의 $-NH_2$사이에서 물이 떨어지면서 생기는 결합을 **펩티드결합**이라고 부른다. 펩티드결합을 이루고있는 원자단 $-\underset{\Vert}{\overset{}{C}}-NH-$ (C에 $=O$) 을 **펩티드기**라고 부른다.

펩티드결합에 의하여 얻어진 화합물을 **펩티드**라고 부른다. 단백질은 펩티드결합에 의하여 이루어진 폴리펩티드이다.

— 아미노산은 일반적으로 녹음점이 높다.

중요한 아미노산

이름	구조식	분해온도 /℃	특징, 들어있는 곳
글리신	$H-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	290	중성아미노산. 동물의 단백질에 많이 존재, 가장 간단한 아미노산
알라닌	$CH_3-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	297	중성아미노산. 거의 모든 단백질에 들어있고 누에고치에 많다.
메티오닌	$H_3C-S-(CH_2)_2-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	281	중성아미노산 우유의 카제인에 들어있다.
시스테인	$HS-CH_2-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	240	중성아미노산. 단백질에 많이 존재하며 털에 많다.
글루타민산	$OH-(CH_2)_2-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	247~249	산성아미노산. 밀에 많다.
리진	$NH_2-(CH_2)_4-\underset{NH_2}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	224~225	염기성아미노산. 단백질에 많이 존재한다.
티로신		342~344	방향족아미노산. 누에고치, 우유에 많이 있다.

35. 당류

식물체의 빛합성에 의하여 만들어지는 포도당이나 사탕, 농마, 섬유소를 **당류**라고 부른다.

— 당류는 하나당류와 두당류 및 여러당류로 나눈다.

— 당류는 기름, 단백질과 함께 3대영양소의 하나로서 그 생리작용은 매우 중요하다.

하나당류

더는 단순한 당류로 물작용분해되지 않는 당류를 **하나당류**라고 부른다.

례: 포도당 $C_6H_{12}O_6$ 과당 $C_6H_{12}O_6$

포도당(글루코즈) $C_6H_{12}O_6$

포도당은 과일과 꽃의 꿀선에 많이 들어있으며 피속에도 0.1% 들어있다.

특히 포도속에 많이 있는것으로 하여 **포도당**이라고 부른다.

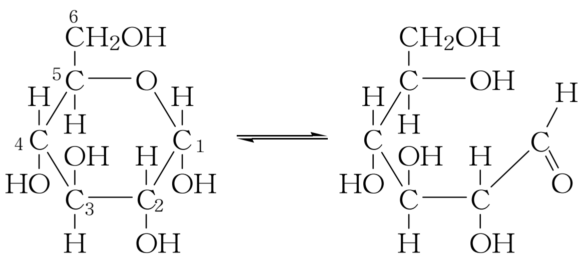
구조

— 포도당은 방온도에서 결정이다.

결정상태에서 포도당은 고리구조를 가진다.

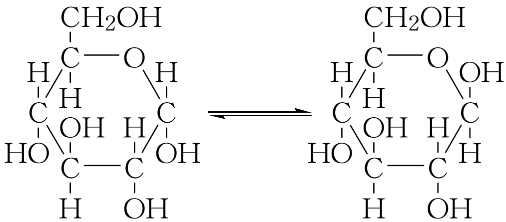
— 매 탄소원자에는 수소원자와 히드록실기(—OH)가 결합되여있다.

— 포도당을 물에 용해시키면 닫긴 사슬이 일부 열린 사슬로 된다.



닫긴 사슬형　　열린 사슬형

— 포도당에는 1번 탄소원자에 결합된 히드록실기의 위치가 서로 다른 두가지 이성체가 있다.



α-포도당　　　　β-포도당

1,2번 탄소원자에 결합된 –OH의 방향이 같은것을 ***α*형**, 반대인것을 ***β*형**이라고 부른다.

성질

— 색없는 결정이며 단맛을 가진다.(사탕보다는 달지 않다.)

— 환원성이 있다. 은거울반응을 한다.

용액속에서 포도당은 고리모양과 함께 사슬모양알데히드형도 존재한다. 이것들이 환원성을 나타낸다.

— 알콜발효

효소 지마제에 의하여 에틸알콜로 발효된다.

$$\underset{\text{포도당}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{지마제}} \underset{\text{에틸알콜}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

— 알데히드처럼 여러가지 부가반응을 할수 있다.

용도

— 의학에서 주사약으로서 영양제, 리뇨제, 해독제 등으로 쓰인다.

— 여러가지 당과류를 만드는데와 분석시약으로 금, 은, 동이온검출에 쓰인다.

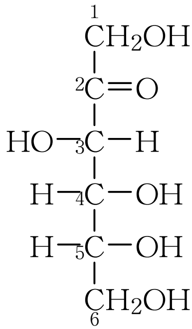
과당(푸룩토즈) $C_6H_{12}O_6$

과당은 과일과 꿀속에 포도당과 함께 들어있다. 과일에 들어있는 당류라고 하여 **과당**이라고 부른다.

구조

— 하나당류이다.

2번탄소원자가 케톤형으로 되여있고 3번탄소원자부터는 포도당과 같은 구조를 가진다.



만들기

묽은 산을 써서 사탕을 물작용분해하면 포도당과 함께 과당이 얻어진다.

성질

— 흰 결정이다.

— 당류가운데서 단맛이 가장 세다.

— 환원성이 있다.

· 분자에 알데히드기가 없으므로 환원성을 가질수 없지만 묽은 알카리용액속에서 쉽게 포도당으로 이성화되여 환원성을 나타낸다.

· 과당은 은암민착화합물용액과 작용하여 은거울반응을 한다.

— 과당은 효소가 있는데서 에틸알콜로 발효된다.

$$\underset{\text{과당}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{지마제}} \underset{\text{에틸알콜}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

두당류

일반식이 $C_{12}H_{22}O_{11}$이고 물작용분해되여 두 분자의 하나당류로 갈라지는것을 **두당류**라고 부른다.

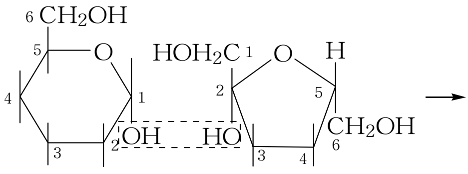
례: 사탕(사카로즈), 길금당(말토즈), 젖당(락토즈)

사탕(사카로즈) $C_{12}H_{22}O_{11}$

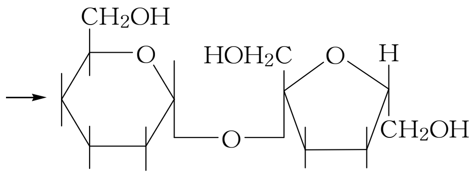
포도당과 과당의 두 글루코지드성히드록실기사이에서 물이 떨어지면서 축합된 비환원성두당류를 **사탕**이라고 부른다.

구조

· 포도당과 과당으로부터 1,2—글루코지드결합으로 축합된 화합물이다.



포도당　　과당



사탕

사탕은 분자안에 글루코지드성히드록실기를 가지고있지 않으므로 환원성을 가지지 않는다.

이런 당류를 **비환원성두당류**라고 부른다.

※ **글루코지드성히드록실기.** 포도당은 결정상태에서 고리구조를 가진다. 포도당을 물에 용해시키면 일부 닫긴 사슬이 열린 사슬로 된다.

포도당에서 1번탄소의 히드록실기는 다른 히드록실기와 다르다. 이 히드록실기는 포도당사슬이 열리면 알데히드로 된다.

그러므로 이 히드록실기를 **글루코지드성히드록실기**라고 부른다.

분자안에 글루코지드성히드록실기가 있으면 알데히드기가 있는것으로 되여 환원성을 나타낸다.

파당에서는 푸라노즈형고리의 2번탄소의 히드록실기가 글루코지드성히드록실기이다.

성질

— 흰색의 단맛이 있는 결정이다.

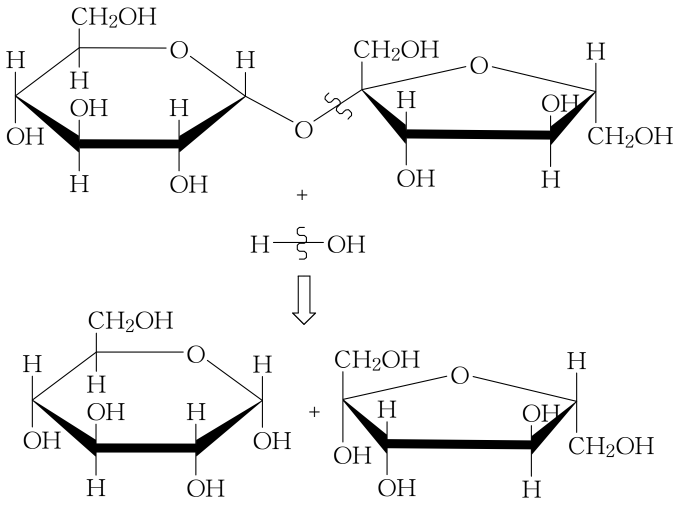
— 사탕을 물작용분해하면 포도당과 파당으로 된다.

$$\underset{\text{사 탕}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{가열}]{H_2SO_4} \underset{\text{포도당}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{과 당}}{C_6H_{12}O_6}$$

· 사탕의 물작용분해를 **전화**라고 부르며 얻어진 화합물을 **전화당**이라고 부른다.

· 전화당은 환원성을 나타낸다.

· 전화당은 꿀에 들어있다.

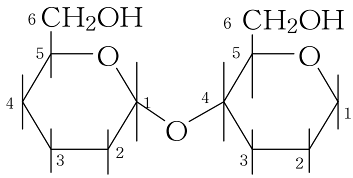


길금당(말토즈) $C_{12}H_{22}O_{11}$

두 분자의 포도당에서 물 한 분자가 떨어지면서 생기는 두당류이다. 길금에 들어있는 당이라고 하여 **길금당**이라고 부른다.

구조

두 분자의 포도당이 1,4—글루코지드결합으로 축합된 화합물이다.



α- 포도당　　　β- 포도당

성질

— 단맛이 있는 무색결정이다.

— 물에 잘 용해된다.

— 환원성두당류이므로 은거울반응을 한다. 글루코지드성히드록실기가 1개 있다.

— 묽은 산 또는 효소 말타제로 물작용분해하면 두 분자의 포도당이 생긴다.

만들기

길금당은 농마를 물작용분해하여 얻는다.

여러당류

물작용분해에 의하여 여러 분자의 하나당류로 되는 당류를 **여러당류**라고 부른다.

일반식은 $(C_6H_{10}O_5)_n$이다.

— 농마, 글리코겐, 섬유소가 대표적인 여러당류이다.

— 여러당류는 물작용분해되면 마지막에 포도당으로 된다.

— 일반적으로 물에 용해되기 힘들고 환원성이 없다.

상식

옥당은 어떤 당류인가

우리들이 식용으로 리용하는 당류에는 여러가지가 있다.

사탕과 포도당밖에도 꿀에 들어있는 과당, 엿에 들어있는 길금당 그리고 옥당 등이 있다.

우리 나라의 여러 곡산공장들에서는 옥당을 많이 생산하고 있다. 옥당이라는 이름은 강냉이(옥수수)를 원료로 하여 만든 당류라는 뜻에서 붙인 이름이다.

옥당을 만드는것은 사탕무우나 사탕수수와 같은 사탕원료가 적은 우리 나라의 실정에 맞는다.

강냉이에서 강냉이농마를 뽑아내고 거기에 당화효소를 작용시켜 포도당을 만든다.

그리고 포도당에 당이성화효소를 작용시켜 과당으로 넘어가게 한다.

강냉이농마 ⟶ 포도당 ⟶ 과당

그런데 이때 포도당이 전부 과당으로 넘어가지 않고 일부 포도당은 그대로 남는다.

포도당과 과당의 혼합물이 얻어진다. 이것이 바로 옥당이다.

이렇게 만든 옥당의 단맛은 사탕과 거의 같다.

농마$(C_6H_{10}O_5)_n$

존재

식물체 특히 감자나 알곡류안에 들어있다.

구조

α—포도당분자에서 물이 떨어지면서 축합된 고분자이다.

$$nC_6H_{12}O_6 \xrightarrow[-mH_2O]{} (C_6H_{10}O_5)_n$$

성질

— 찬물에는 용해되지 않지만 더운물에는 용해된다.

— 효소 아밀라제에 의하여 길금당으로 물작용분해된다.

— 묽은 산과 함께 끓이면 포도당으로까지 물작용분해된다.

$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

— 수용액은 환원성이 없지만 물작용분해되면 환원성을 가지게 된다.

— 농마에 요드용액(KI용액에 I_2를 용해시킨것)을 작용시키면 검푸른색이 나타난다.

※ 농마의 조성

농마의 성분에는 아밀로즈와 아밀로펙틴이 있다. 두 물질의 성질이 조금 다르므로 평균적인 성질을 나타낸다.

① 아밀로즈

포도당이 곧은 사슬모양으로 련결된 구조를 가지며 보통 농마속에 20~25% 들어있다.

$(C_6H_{10}O_5)_n$ n=200~1 000

② 아밀로펙틴

포도당이 그물모양으로 련결된 구조를 가지며 보통 농마속에 75~80% 들어있다. 약 25개의 포도당에 하나의 가지가 있다. 요드-농마반응에서 붉은보라색을 나타낸다.

용도

— 농마는 옥당, 포도당, 엿의 원료이며 발효공업의 기본원료이다.

— 과자, 빵을 비롯한 식료품, 의약품 만드는데, 방직공업과 같은 분야에도 널리 쓰인다.

섬유소 $(C_6H_{10}O_5)_n$

— β-포도당들이 1,4-글루코지드결합으로 축합된 고분자이다.

— 섬유소분자는 β-포도당고리마다 3개의 히드록실기가 있으므로 간단히 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$으로 쓰기도 한다.

존재

섬유소는 식물조직의 기계적세기와 튐성을 주는 세포막의 기본성분을 이루는 고분자물질이다.

면, 팔프는 비교적 순수한 섬유소로 되여있다.

종이는 섬유소를 기본성분으로 하고있다.

성질

— 흰색의 고체이며 물 및 유기용매에 용해되지 않는다.

— 알카리에는 비교적 안정하나 산에서는 물작용분해된다.

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{\text{산}} nC_6H_{12}O_6$$

— 섬유소는 분자안에 히드록실기가 있으므로 에스테르화반응을 한다.

례: $$\left[C_6H_7O_2\begin{cases}OH\\OH\\OH\end{cases}\right]_n + 3nHO\text{-}NO_2 \xrightarrow{H_2SO_4}$$

$$\longrightarrow \left[C_6H_7O_2\begin{cases}ONO_2\\ONO_2\\ONO_2\end{cases}\right]_n + 3nH_2O$$

트리질산섬유소에스테르

트리질산섬유소에스테르는 폭발성이 세므로 화약으로 쓰인다.

— 섬유소를 묽은 알카리용액에 잠그었다가 꺼내면 알콜라트인 알카리섬유소가 얻어진다.

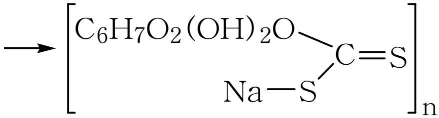
$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nNaOH \longrightarrow$$

$$\longrightarrow [C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n + nH_2O$$

알카리섬유소

· 알카리섬유소에 이류화탄소를 작용시키면 섬유소크산토겐산나트리움이 얻어진다.

$$[C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n + nCS_2 \longrightarrow$$



섬유소크산토겐산나트리움

· 섬유소크산토겐산나트리움을 묽은 수산화나트리움용액에 용해시켜 묽은 류산속에서 가는 구멍으로 뽑아내면 섬유소로 재생된다. 이것을 **비스코스인조섬유**라고 부른다.

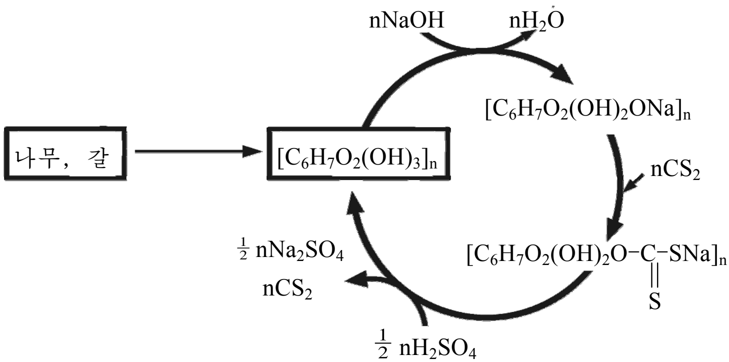


그림 1-21. 비스코스를 만드는 과정은 섬유소의 재생과정이다.

용도

섬유소는 섬유 및 종이 만드는데 쓰인다.

· 정제한 섬유소는 인조섬유, 섬유소에스테르, 섬유소에테르, 셀로판 등을 만드는데 쓰인다.

· 섬유소에스테르는 섬유, 가소물, 필림, 칠감 등을 만드는데 쓰인다.

36. 고분자화합물

분자가 수천수만개의 원자들로 구성된 분자량이 매우 큰(보통 1만이상) 물질을 **고분자화합물**이라고 부른다.

고분자화합물의 분류

- 고분자화합물
  - 무기고분자화합물
    - 천연고분자화합물(유리, 모래, …)
    - 합성고분자화합물(폴리염화린니트릴)
  - 유기고분자화합물
    - 천연고분자화합물(단백질, 농마, 섬유소, …)
    - 합성고분자화합물(비날론, 폴리염화비닐, …)

· 고분자화합물은 얻는 방법에 따라 천연고분자화합물과 합성고분자화합물로 나눈다.

· 합성고분자화합물은 합성방법에 따라 중합형고분자화합물과 중축합형고분자화합물로 나눈다.

· 고분자화합물은 사슬을 이루는 원소에 따라 탄소사슬고분자화합물과 헤테로사슬(기본사슬안에 산소, 류황, 질소, 린 등이 들어있는것)고분자화합물로 나눈다.

· 고분자화합물은 사슬의 구조에 따라 실모양고분자화합물과 가지모양고분자화합물, 그물모양고분자화합물로 나눈다.

· 고분자화합물은 용도에 따라 섬유, 수지, 고무, 점착제 등으로 나눈다.

고분자화합물의 성질

· 기체나 액체상태로 변화시킬수 없다.

· 용매에 잘 용해되지 않는다.

· 기계적세기가 좋고 팀성, 전기절연성, 열견딜성, 약품견딜성, 점착성이 좋고 습기를 잘 빨아들인다.

고분자화합물의 용도

섬유, 가소물, 고무, 칠감, 접착제 등으로 널리 쓰인다.

37. 합성섬유

섬유소가 아닌 석회석과 무연탄, 원유와 같은 물질로부터 화학적방법으로 만든 화학섬유를 **합성섬유**라고 부른다.

합성섬유는 섬유에서 중요한 자리를 차지한다.

섬유의 분류

천연섬유	화학섬유	
	인조섬유	합성섬유
① 식물성섬유 (목화) ② 동물성섬유 (견, 모) ③ 광물성섬유 (돌솜)	① 비스코스인조섬유 (섬유소) ② 초산섬유소	① 중합형합성섬유 비날론 아닐론 모비론 ② 중축합형합성섬유 나이론 데트론

중합형합성섬유

분자안에 탄소—탄소 2중결합을 가진 화합물이 중합하여 실사슬고분자를 이룬 섬유를 **중합형합성섬유**라고 부른다.

례: 비날론, 모비론, 아닐론

비날론(폴리비닐알콜계섬유)

비날론은 경애하는 수령 **김일성**대원수님의 현명한 령도밑에 우리의 과학자에 의하여 발명되고 우리의 힘, 우리

의 기술, 우리 나라에 풍부한 원료자원에 기초하여 그 공업화가 실현된 주체섬유이다.

경애하는 대원수님께서는 그 이름도 우리 맛이 나게 《**비날론**》이라고 지어주시였다.

위대한 장군님께서는 경애하는 대원수님의 불멸의 업적을 만대에 빛내이시기 위하여 2.8비날론련합기업소의 개건현대화를 위한 투쟁을 현명하게 령도하시여 선군시대에 비날론폭포가 쏟아지게 하여주시였다.

비날론만들기

비날론은 다음과 같은 공정을 거쳐 만든다.

① 아세틸렌만들기

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + CH{\equiv}CH$$

② 초산알데히드의 합성

$$HC{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3CHO$$

③ 초산만들기

$$CH_3CHO \xrightarrow[\text{촉매}]{[O]} CH_3COOH$$

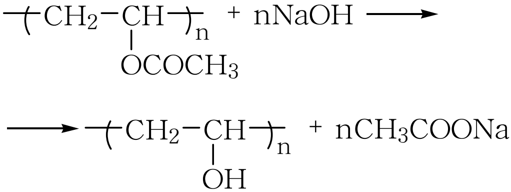
④ 초산비닐합성

$$HC{\equiv}CH + CH_3COOH \xrightarrow[170\sim 220^\circ C]{\text{촉매}} H_2C{=}CH{-}OCOCH_3$$

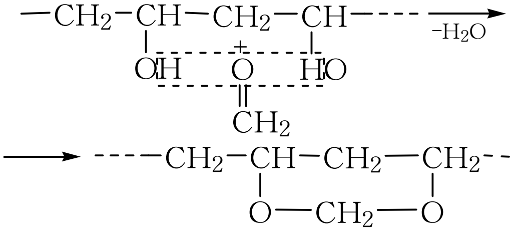
⑤ 초산비닐중합

$$nH_2C{=}CH(OCOCH_3) \xrightarrow[\text{중합}]{\text{아빈}} {-}\!\left(CH_2{-}CH(OCOCH_3)\right)_n\!{-}$$

⑥ 비누화



⑦ 폴리비닐알콜의 포르말화

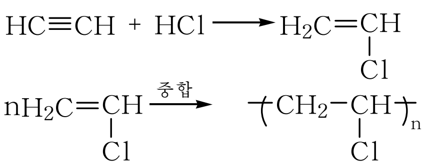


비날론
(폴리비닐아세탈)

※ 비날론에서는 폴리비닐알콜의 –OH가운데서 30~40%가 –O—CH_2—O—(아세탈)로 되여있다.

이렇게 비날론은 친수성기인 –OH를 가지고있으므로 흡수성이 있고 면의 성질과 비슷하다.

모비론(폴리염화비닐계섬유)



염화비닐　　　　　　　폴리염화비닐

이 염화비닐을 벤졸과 아세톤의 혼합용액에 용해시켜 방사한다.

상식

모비론은 어떤 섬유인가

모비론섬유는 경애하는 대원수님의 교시를 높이 받들고 우리 과학자들이 주체적인 립장에 튼튼히 서서 자력갱생의 혁명정신으로 만들어낸 섬유이다.

경애하는 대원수님께서는 우리 과학자들이 만든 이 섬유를 친히 보아주시고 모의 성질과 비날론의 성질을 다 가지고있다고 하여 《**모비론**》이라고 이름지어주시였다. 이처럼 모비론섬유는 경애하는 대원수님의 뜨거운 손길아래 세상에 나오게 되였다.

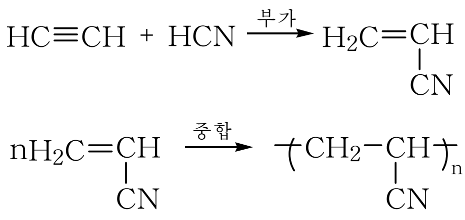
모비론섬유는 염화비닐수지를 만드는 폴리염화비닐로 만든다.

모비론섬유는 양털과 같이 퇴성이 있고 부드러우며 비날론과 같이 화학약품에 견디는 성질이 매우 좋다. 이 섬유로는 이불솜을 만들어쓸수 있고 폭신폭신한 모포천, 외투천, 주단 그리고 내의, 쎄타와 같은 뜨개옷제품도 만들수 있다. 또한 산이나 알카리와 같은 화학물질을 취급하는 공장로동자들의 작업복도 만들수 있다. 그리고 이 섬유는 해빛을 많이 쪼여도 그 성질이 변하지 않고 물속이나 공기속에서도 썩지 않는 성질이 있으므로 천막이나 방수포 특히 고기그물을 만들어쓰면 나무랄데가 없다.

퇴성이 큰것으로 하여 이 섬유는 사람들의 인공힘줄이나 인공혈관을 만드는데도 쓸수 있다.

아닐론(폴리아크릴니트릴)

아닐론은 아세틸렌을 원료로 하여 시안화수소를 부가중합시켜 만든다.



아크릴니트릴 폴리아크릴니트릴

중합체를 디메틸포름아미드에 용해시켜 물속에서 방사한다.

중축합형합성섬유

축합이 련이어 일어나서 이루어진 섬유를 **중축합형합성섬유**라고 부른다.

례: 나이론, 데트론

나이론(폴리아미드계합성섬유)

사슬모양의 디카르본산(HOOC—R'—COOH)과 사슬모양의 디아민(H_2N—R'—NH_2)을 중축합시키면 많은 아미드결합을 가진 사슬모양의 고분자화합물이 얻어지는데 이것으로 만든 섬유를 **나이론**이라고 부른다.

나이론-6,6은 아디핀산(HOOC—$(CH_2)_4$—COOH)과 헥사메틸렌디아민(H_2N—$(CH_2)_6$—NH_2)의 중축합에 기초하여 만든다.

$$\underset{\text{아디핀산}}{n[HOOC(CH_2)_4COOH]} + \underset{\text{헥사메틸렌디아민}}{[NH_2(CH_2)_6NH_2]} \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \left[\underset{\underset{O}{\|}}{C} - (CH_2)_4 - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - \underset{\underset{H}{|}}{N} - (CH_2)_6 - \underset{\underset{H}{|}}{N} \right]_n + 2nH_2O$$

나이론—6,6이라는 이름은 헥사메틸렌디아민도 아디핀산도라고 부른다. C_6의 화합물이라는데로부터 나왔다.

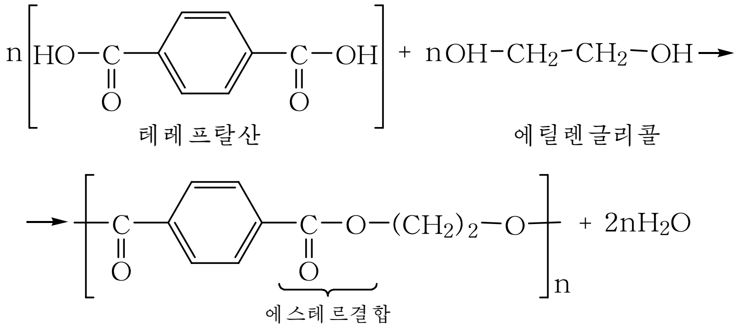
— 나이론-6,6은 옷감외에 합성수지로서도 널리 쓰인다.

— 녹여서 공기속에서 방사한다.

데트론(폴리에스테르계합성섬유)

방향족디카르본산인 테레프탈산과 2가알콜인 에틸렌글리콜을 중축합시키면 많은 에스테르결합을 가진 사슬모양의 고

분자화합물이 얻어지는데 이것을 **데트론**이라고 부른다.



— 여러가지 옷감용으로 흔히 쓰인다.

일화 캐러더즈와 나이론

고무를 합성하는 연구사업을 하고있던 캐러더즈는 고무를 단량체들을 결합시켜서 합성할수 있는것으로 보아 단백질과 비슷한 분자를 여러개 결합시키면 비단실과 같은 합성섬유도 만들수 있을것이라고 생각하였다.

그는 비단실을 세밀하게 조사하면서 어떤 분자가 어떻게 결합되여있으며 그것과 같은것을 만들자면 어떤 방법을 선택하여야 하는가를 연구하였다.

그는 7명의 박사와 20여명의 연구사들로 합성섬유연구에 달라붙었다.

연구를 시작하여 3년이 되던 해에 합성섬유의 기본단위가 될만 한 약 40개정도의 화합물을 찾아내였다. 이제 이것들을 결합시켜 어떤 고분자물질이 생기는가를 검토하여야 하였다.

또 2년의 세월이 흐른 어느날 연구사인 힐박사가 시험관을 조심스럽게 손에 들고 들어오면서 말하는것이였다. 《이것을 좀 보십시오.》 그는 시험관안의 액체를 유리막대기로 찍어서

38. 합성수지

공업적으로 합성에 의하여 얻어지는 수지모양의 고분자물질을 **합성수지**라고 부른다.

합성수지는 중합반응에 의하여 얻어지는것과 중축합반응에 의하여 얻어지는 수지로 나눈다.

중합형합성수지

중합에 의하여 만들어지는 긴 사슬모양의 수지고분자화합물을 말한다. 모두 비닐계합성수지이다.

— 이 수지는 열가소성수지로서 열을 받으면 물렁물렁해지고 식히면 굳어진다.

— 중합형합성수지에는 여러가지 종류가 있다.

끌어올리였다. 그 액체는 거미줄처럼 늘어나는것이였다.

캐러더즈는 눈이 번쩍 뜨이였다.

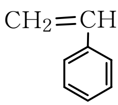
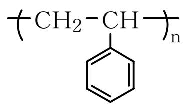
《힐선생, 그것을 무엇으로 만들었습니까?》

《아디핀산과 핵사메틸렌디아민을 반응시켰더니 물이 약간 생기는것 같아서 물을 없애기 위하여 가열해보았지요. 그랬더니 글쎄 이렇게 찐득찐득하게 되는것이 아니겠습니까.》

캐러더즈는 혼자말로 《그렇단 말이지! 그렇단 말이지!》하면서 그 시험관을 높이 쳐들고 줄곧 쳐다보았다. 바로 이렇게 나이론의 기본단위물질이 만들어진것이였다.

이처럼 합성섬유 나이론이 암모니아와 질산, 페놀로부터 만들수 있게 되였는데 당시의 신문들은 《공기와 석탄으로부터 비단실이!》, 《철보다도 더 질긴 비단실!》등 큰 표제를 달고 나이론의 발명을 대서특필하였다.

몇가지 중합형합성수지

이름	단량체	중합체	성질	용도
폴리에틸렌	$H_2C{=}CH_2$ 에틸렌	$\left(CH_2-CH_2\right)_n$	열가소성, 끈기가 세고 화학약품에 안정	박막, 관, 그릇, 절연재료
폴리염화비닐	$H_2C{=}CH-Cl$ 염화비닐	$\left(CH_2-CH(Cl)\right)_n$	열가소성, 화학약품에 안정	박막, 판, 관
폴리초산비닐	$H_2C{=}CH-OCOCH_3$ 초산비닐	$\left(CH_2-CH(OCOCH_3)\right)_n$	알콜, 아세톤에 용해, 연하고 접착력 크다	칠감, 비날론의 원료
폴리스티롤			열가소성, 투명하고 굳다	고주파전기절연재료, 투명그릇

중축합형합성수지

축합반응이 련이어 일어나면서 만들어지는 수지고분자화합물을 **중축합형합성수지**라고 부른다.

— 페놀수지를 비롯하여 여러가지 종류가 있다.

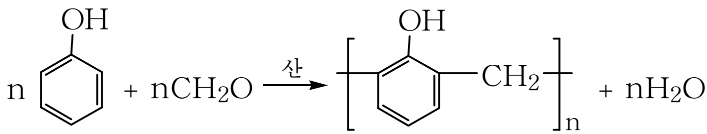
— 중축합형수지는 열경화성수지(례: 레졸수지)로서 가열하면 굳어진다.

페놀수지

페놀(석탄산)과 포름알데히드(포르말린)를 촉매(염산, 알카리)가 있는데서 중축합시킬 때 얻어지는 수지모양의 물질을 **페놀수지**라고 부른다.

— 이 중축합반응은 매우 복잡하며 원료의 조성비와 촉매의 종류, 반응조건 등에 따라 노볼라크수지와 레졸수지가 생긴다.

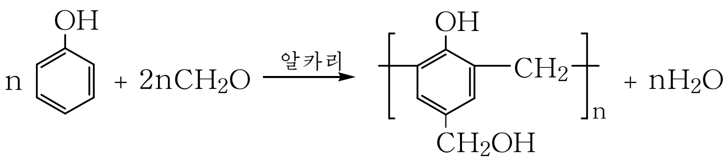
· 페놀과 포름알데히드는 염산이 있는데서 물이 떨어지면서 축합되여 실사슬구조의 노볼라크수지가 얻어진다.



노볼라크수지

이 수지는 열가소성수지이며 알콜, 벤졸 등에 잘 용해된다. 주로 라크를 만드는데 쓰인다.

· 페놀보다 포름알데히드를 많이 쓰고 알카리를 촉매로 하면 끈기있는 레졸수지가 얻어진다.



레졸수지

실사슬구조의 레졸수지는 벤졸이나 사염화탄소에는 용해되지 않고 아세톤 같은 유기용매에는 용해된다. 그러므로 라크를 만드는데 쓰인다. 그러나 계속 열을 주면 탈수축합되여 3차원그물구조를 가진 열경화성수지가 얻어진다.

레졸수지는 노볼라크수지에 비하여 물에 잘 견디며 절

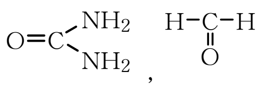
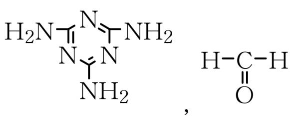
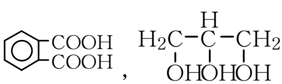
연성이 매우 좋다.

레졸수지는 베클라이트판, 전기절연재료, 여러가지 기계부속품 같은것을 만드는데 쓰인다.

※ 베클라이트— 1909년 벨지끄의 화학자 베클란드(1863—1944)가 처음으로 만들었다는데로부터 그의 이름을 따서 지은것이다.

레졸수지의 알콜용액에 팔프나 천, 종이를 잠그었다가 말리운 다음 여러겹으로 포개놓고 열을 주면서 프레스로 누르면 베클라이트가 얻어진다.

기타 중축합형합성수지

이 름	단 량 체	성 질	리 용
뇨소수지		투명하고 착색이 쉽다. 열에 잘 견디며 접착성이 좋다.	음식그릇, 전기기구, 접착제, 잡화류
멜라민수지		투명하고 광택이 있으며 약품에 잘 견딘다.	음식그릇, 가구, 전기기구, 염료, 접착제
글리프탈수지		접착성이 좋다.	염료, 접착제

39. 합성고무

천연고무와 비슷한 물리성질과 화학성질을 가지고있는 합성고분자물질을 **합성고무**라고 부른다.

— 천연고무가 이소프렌이 중합된 실사슬구조로 되여있다는것이 밝혀짐으로써 이소프렌과 같이 분자안에 공액2중결합을 가진 화합물을 중합하여 합성고무를 얻게 되였다.

— 합성고무에는 이소프렌을 비롯하여 여러가지 종류가 있다.

— 합성고무는 대부분 디엔계화합물을 중합시켜 만든다.

— 합성고무는 기름에 부풀지 않으며 내마모성, 로화견딜성, 내열성 같은 특수한 성질을 가지고있다.

클로로프렌고무

— 아세틸렌과 염화수소로부터 단량체를 합성하고 그것을 중합하여 만든다.

$$2CH\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{비닐아세틸렌}}{CH_2=CH-C\equiv CH}$$

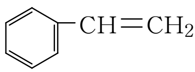
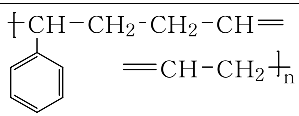
$$CH_2=CH-C\equiv CH + HCl \longrightarrow \underset{\text{클로로프렌}}{CH_2=CH-\underset{\substack{|\\ Cl}}{C}=CH_2}$$

$$nCH_2=CH-\underset{\substack{|\\ Cl}}{C}=CH_2 \longrightarrow \underset{\text{클로로프렌고무}}{\left[CH_2-CH_2-\underset{\substack{|\\ Cl}}{CH}-CH_2 \right]_n}$$

— 클로로프렌고무는 튐성이 좋고 화학약품에 안정하다.

몇가지 합성고무

이름	략칭	단량체 및 중합체		특성과 용도
클로로프렌고무	CR	단량체	$CH_2=CH-\underset{\substack{|\\ Cl}}{C}=CH_2$	· 열에 잘 견딘다. · 튐성이 좋고 잘 닳지 않는다. · 기름과 약품에 잘 견딘다. 다이야, 피대, 화학장치안불임감, 바킹
		중합체	$\left[CH_2-CH=\underset{\substack{|\\ Cl}}{C}-CH_2 \right]_n$	

이름	략칭	단량체 및 중합체		특성과 용도
이소프렌 고무	IR	단량체	$CH_2=CH-C(CH_3)=CH_2$	· 천연고무에 가깝다. · 잘 닳지 않는다. 다이야, 피대, 신발, 전기피복선 등 일반용고무
		중합체	$\left[CH_2-CH=C(CH_3)-CH_2 \right]_n$	
부타디엔 고무	BR	단량체	$CH_2=CH-CH=CH_2$	· 잘 닳지 않는다. · 추위에 잘 견딘다. 다이야, 벨트, 신발
		중합체	$\left[CH_2-CH=CH-CH_2 \right]_n$	
아클릴니트릴-부타디엔고무	MBR	단량체	$CH_2=CH-CN$ $CH_2=CH-CH=CH_2$	· 열과 기름에 잘 견딘다. · 잘 닳지 않는다. · 추위에 비교적 약하다. 기름호스, 기름바킹
		중합체	$\left[CH_2-CH(CN)-CH_2-CH=CH-CH_2 \right]_n$	
스티롤-부타디엔 고무	SBR	단량체	 $CH_2=CH-CH=CH_2$	· 열, 약품에 잘 견딘다. · 잘 닳지 않는다. · 로화되기 힘들다. 다이야
		중합체		

제2편. 화학방정식

제1장. 무기물질의 화학방정식

1. 단순물들사이의 화학방정식

$$H_2 + 2Li \xlongequal[400℃]{} 2LiH$$

$$H_2 + Mg \xlongequal[\text{가압가열}]{I_2} MgH_2$$

$$H_2 + Ca \xlongequal[150\sim300℃]{} CaH_2$$

$$H_2 + Ba \xlongequal[200℃]{} BaH_2$$

$$3H_2 + N_2 \xlongequal[40\sim50MPa，450℃]{Fe} 2NH_3$$

$$3H_2 + 2P = 2PH_3$$

$$2H_2 + O_2 \xlongequal[>500℃]{} 2H_2O$$

$$H_2 + O_2 \xlongequal{\text{호광방전}} H_2O_2$$

$$H_2 + O_2 \xlongequal{Pd} H_2O_2$$

$$H_2 + S \xlongequal[600℃]{} H_2S$$

$$H_2 + F_2 = 2HF$$

$$H_2 + Cl_2 \xlongequal[\text{빛 또는 열}]{} 2HCl$$

$$H_2 + Br_2 = 2HBr$$

$$2H_2 + C = CH_4$$

$$Be + Cl_2 \xlongequal[600℃]{} BeCl_2$$

$$Be + Br_2 = BeBr_2$$

$$2Be + O_2 \xlongequal[>400℃]{} 2BeO$$

$$2B + 3Cl_2 \xlongequal[400℃]{} 2BCl_3$$

$$4B + 3O_2 \xlongequal[600℃]{} 2B_2O_3$$

$$2B + 3S = B_2S_3$$

$$2B + N_2 \xlongequal[1\ 200℃]{} 2BN$$

$$4B + C \xlongequal[2\ 500℃]{} B_4C$$

$$2C + Ca = CaC_2$$

$$2C + O_2 = 2CO$$

$$C + O_2 = CO_2$$

$$C + 2S = CS_2$$

$$2C + N_2 \xlongequal[3\ 000\sim3\ 500℃]{} (CN)_2$$

$$C + Si = SiC$$

$$N_2 + 3Mg = Mg_3N_2$$

$$N_2 + 3Ca \xlongequal[450℃]{} Ca_3N_2$$

$$N_2 + O_2 \xlongequal[3\ 000\sim4\ 000℃]{\text{방전}} 2NO$$

$$3O_2 \xlongequal{\text{방전}} 2O_3$$

$$O_2 + 4Na \xlongequal[<100℃]{} 2Na_2O$$

$$O_2 + 2Mg = 2MgO$$

$$3O_2 + 4Fe \xlongequal[500\sim575℃]{} 2Fe_2O_3$$

$$O_2 + 4Cu \xlongequal[1\ 100℃]{} 2Cu_2O$$

$$O_2 + 2Cu = 2CuO$$

$$O_2 + S = SO_2$$

$$3O_2 + 4P = 2P_2O_3$$

$$5O_2 + 4P = 2P_2O_5$$

$$O_2 + 2Zn \xlongequal[1\ 000℃]{} 2ZnO$$

$$3F_2 + 2Au = 2AuF_3$$

$$F_2 + Ca = CaF_2$$

$$F_2 + H_2 = 2HF$$

$$F_2 + 2Na = 2NaF$$

$$F_2 + O_2 \xlongequal{\text{방전}} O_2F_2$$

$$3F_2 + 2P = 2PF_3$$

$$3F_2 + S = SF_6$$

$$2F_2 + Si = SiF_4$$

$$2Na + Br_2 = 2NaBr$$

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

$$6Na + N_2 \xlongequal{\text{방전}} 2Na_3N$$

$$2Na + S = Na_2S$$

$$Mg + Cl_2 = MgCl_2$$

$$Mg + Br_2 = MgBr_2$$

$Mg + H_2 = MgH_2$

$$Mg + S \xlongequal[600℃]{} MgS$$

$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$
$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$
$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$

$$S + Fe \xlongequal[1\ 000℃]{} FeS$$

$2S + Fe = FeS_2$
$S + Cu = CuS$
$S + Zn = ZnS$
$S + 2Ag = Ag_2S$
$2Cl_2 + Si = SiCl_4$
$Cl_2 + Zn = ZnCl_2$

2. 산화물과 단순물 및 산화물사이의 화학방정식

$$2H_2O \xlongequal{\text{전기분해}} 2H_2 + O_2$$

$2H_2O + 2K = 2KOH + H_2$
$2H_2O + 2Na = 2NaOH + H_2$
$2H_2O + Mg = Mg(OH)_2 + H_2$
$2H_2O_{(\text{기})} + Mg = Mg(OH)_2 + H_2$
$2H_2O + Ca = Ca(OH)_2 + H_2$
$2H_2O + Ba = Ba(OH)_2 + H_2$
$2H_2O + Sr = Sr(OH)_2 + H_2$
$6H_2O + 4B = 2B_2O_3 + 6H_2$
$6H_2O + 2Al = 2Al(OH)_3 + 3H_2$

$$H_2O + C \xlongequal[1\ 000℃]{} CO + H_2$$

$$2H_2O + C \xrightarrow{\text{높은 온도}} CO_2 + 2H_2$$

$$3H_2O + Si = H_2SiO_3 + 2H_2$$

$$3H_2O + 2P \xrightarrow[250℃]{} PH_3 + H_3PO_3$$

$$8H_2O + 2P \xrightarrow[\text{가열}]{\text{촉매}} 2H_3PO_4 + 5H_2$$

$$2H_2O + 3S \xrightarrow[100℃]{} 2H_2S + SO_2$$

$$2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2$$

$$2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2$$

$$H_2O + Cl_2 = HClO + HCl$$

$$2H_2O + 2Br_2 = 4HBr + O_2$$

$$H_2O + Br_2 = HBr + HBrO$$

$$H_2O + Na_2O = 2NaOH$$

$$2H_2O + Na_2O_2 = 2NaOH + H_2O_2$$

$$2H_2O + 2Na_2O_2 = 4NaOH + O_2$$

$$H_2O + K_2O = 2KOH$$

$$H_2O + Ag_2O = 2AgOH$$

$$H_2O + MgO = Mg(OH)_2$$

$$H_2O + CaO = Ca(OH)_2$$

$$H_2O + BaO = Ba(OH)_2$$

$$3H_2O + B_2O_3 = 2H_3BO_3$$

$$2H_2O + Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + 3H_2O$$

$$H_2O + ZnO = Zn(OH)_2$$

$$H_2O + CO \xrightarrow[400\sim500℃]{Fe\sim Cr} H_2 + CO_2$$

$H_2O + CO_2 = H_2CO_3$

$H_2O + N_2O_3 = 2HNO_2$

$H_2O + N_2O_5 = 2HNO_3$

$H_2O + 3NO_2 = 2HNO_3 + NO$

$3H_2O + P_2O_5 = 2H_3PO_4$

$2H_2O + 2P_2O_5 = 4HPO_3$

$6H_2O + 2P_2O_3 = 4H_3PO_3$

$3H_2O + As_2O_3 = 2H_3AsO_3$

$H_2O + SO_2 = H_2SO_3$

$H_2O + SO_3 = H_2SO_4$

$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

$H_2O_2 + H_2 = 2H_2O$

$H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2$

$H_2O_2 + MnO_2 = MnO + H_2O + O_2$

$2Na_2O \underset{400℃}{=\!=\!=} Na_2O_2 + 2Na$

$2Na_2O + CO = Na_2CO_3 + 2Na$

$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$

$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$

$Na_2O_2 + 2Na = 2Na_2O$

$Na_2O_2 + CO = Na_2CO_3$

$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2$

$2Na_2O_2 + 2SiO_2 = 2Na_2SiO_3 + O_2$

$2K_2O + H_2 = 2KOH + 2K$

$K_2O + Cl_2 = KClO + KCl$

$K_2O + CO_2 = K_2CO_3$

$K_2O + SiO_2 = K_2SiO_3$

$$MgO + H_2 = Mg + H_2O$$

$$3MgO + 2Al = 3Mg + Al_2O_3$$

$$MgO + C \xlongequal[1\ 900\sim2\ 400^{\circ}C]{} Mg + CO$$

$$4MgO + Si = 2Mg + Mg_2SiO_4$$

$$2MgO + 4Fe = 2MgFe_2 + O_2$$

$$3MgO + P_2O_5 = Mg_3(PO_4)_2$$

$$MgO + WO_3 = MgWO_4$$

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

$$2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$$

$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

$$CaO + SO_3 = CaSO_4$$

$$2BaO + O_2 \xlongequal[600^{\circ}C]{} 2BaO_2$$

$$2BaO + 3S = 2BaS + SO_2$$

$$BaO + SO_2 = BaSO_3$$

$$BaO + SO_3 = BaSO_4$$

$$2BaO_2 + C = 2BaO + CO_2$$

$$2Al_2O_3 + 3C = 4Al + 3CO_2$$

$$PbO + H_2 = Pb + H_2O$$

$$PbO + C = Pb + CO$$

$$2PbO + C = 2Pb + CO_2$$

$$PbO + SO_3 = PbSO_4$$

$$2PbO_2 \xlongequal[600^{\circ}C]{} 2PbO + O_2$$

$$PbO_2 + H_2 = PbO + H_2O$$

$$2Cu_2O + O_2 = 4CuO$$

$$4CuO \xrightarrow[1\ 000℃]{} 2Cu_2O + O_2$$

$$CuO + H_2 \xrightarrow[300\sim350℃]{} Cu + H_2O$$

$2CuO + H_2 = Cu_2O + H_2O$

$2CuO + C = 2Cu + CO_2$

$$CuO + WO_3 \xrightarrow[600\sim800℃]{} CuWO_4$$

$$2Ag_2O \xrightarrow[\text{혹은 } 185\sim190℃]{\text{빛}} 4Ag + O_2$$

$Ag_2O + H_2 = 2Ag + H_2O$

$2Ag_2O + C = 4Ag + CO_2$

$Ag_2O + Mg = MgO + 2Ag$

$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$

$Ag_2O + CO = 2Ag + CO_2$

$$ZnO + C \xrightarrow[1\ 200\sim1\ 300℃]{} Zn + CO$$

$$ZnO + CO \xrightarrow[900\sim1\ 300℃]{} Zn + CO_2$$

$ZnO + H_2O_2 = ZnO_2 + H_2O$

$$2CO + O_2 \xrightarrow[700℃]{} 2CO_2$$

$$2CO_2 \xrightarrow[1\ 200℃]{} 2CO + O_2$$

$CO_2 + 2Na = Na_2O + CO$

$3CO_2 + 4Na = 2Na_2CO_3 + C$

$CO_2 + 2K = K_2O + CO$

$$CO_2 + 2Mg \xlongequal[600℃]{} 2MgO + C$$

$$2CO_2 + Ba = BaCO_3 + CO$$

$$CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

$$CO_2 + K_2O = K_2CO_3$$

$$N_2O + H_2 = N_2 + H_2O$$

$$10N_2O + 4P = 2P_2O_5 + 10N_2$$

$$2N_2O + S = SO_2 + 2N_2$$

$$2N_2O + C = CO_2 + 2N_2$$

$$N_2O + CO = CO_2 + N_2$$

$$2NO = N_2 + O_2$$

$$2NO + H_2 = N_2O + H_2O$$

$$2NO + 2H_2 \xlongequal[130\sim160℃]{Pt} N_2 + 2H_2O$$

$$2NO + 3H_2 = 2NH_2OH$$

$$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$$

$$2NO + O_2 \xlongequal[<150℃]{} 2NO_2$$

$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

$$2NO + Br_2 = 2NOBr$$

$$2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$$

$$2NO_2 \xlongequal[>700℃]{} 2NO + O_2$$

$$NO_2 + NO = N_2O_3$$

$$NO_2 + SO_2 = SO_3 + NO$$

$$N_2O_4 \xlongequal[140℃]{} 2NO_2$$

$$2N_2O_5 \xrightarrow[>0℃]{} 4NO_2 + O_2$$

$P_2O_5 + 5C = 2P + 5CO$

$SO_2 + C = CO_2 + S$

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow[440\sim580℃]{V_2O_5} 2SO_3$$

$$SO_2 + Cl_2 \xrightarrow[\text{또는 빛}]{\text{촉매}} SO_2Cl_2$$

$SO_2 + CaO = CaSO_3$

3. 산과 단순물 및 화합물사이의 화학방정식

$2HF + 2Na = 2NaF + H_2$

$4HF + O_2 = 2F_2 + 2H_2O$

$4HF + Si = SiF_4 + 2H_2$

$$2HF + CuO \xrightarrow[400℃]{} CuF_2 + H_2O$$

$6HF + SiO_2 = H_2[SiF_6] + 2H_2O$

$6HF + Al_2O_3 = 2AlF_3 + 3H_2O$

$3HF + H_3BO_3 = BF_3 + 3H_2O$

$HF + NaOH = NaF + H_2O$

$HF + NH_3 = NH_4F$

$4HF + 2KOH = 2K[HF_2] + 2H_2O$

$HF + KF = K[HF_2]$

$2HF + MgCO_3 = MgF_2 + CO_2 + H_2O$

$2HF + SiF_4 = H_2[SiF_6]$

$$4HF + SnCl_4 \xrightarrow[130\sim260℃]{} SnF_4 + 4HCl$$

$2HCl + 2Na = 2NaCl + H_2$

$2HCl + 2K = 2KCl + H_2$

$2HCl + Mg = MgCl_2 + H_2$

$2HCl + Ca = CaCl_2 + H_2$

$6HCl + 2Al = 2AlCl_3 + 3H_2$

$2HCl + Zn = ZnCl_2 + H_2$

$2HCl + Fe = FeCl_2 + H_2$

$2HCl + Sn = SnCl_2 + H_2$

$4HCl + O_2 \xlongequal[450^\circ C]{} 2H_2O + 2Cl_2$

$2HCl + F_2 = 2HF + Cl_2$

$2HCl + Na_2O = 2NaCl + H_2O$

$2HCl + Na_2O_2 = 2NaCl + H_2O_2$

$2HCl + K_2O = 2KCl + H_2O$

$2HCl + MgO = MgCl_2 + H_2O$

$2HCl + CaO = CaCl_2 + H_2O$

$2HCl + ZnO = ZnCl_2 + H_2O$

$2HCl + FeO = FeCl_2 + H_2O$

$3HCl + P_2O_3 = H_3PO_3 + PCl_3$

$6HCl + Fe_2O_3 = 2FeCl_3 + 3H_2O$

$2HCl + Cu_2O = 2CuCl + H_2O$

$4HCl + PbO_2 = PbCl_4 + 2H_2O$

$2HCl + PbO = PbCl_2 + H_2O$

$6HCl + Al_2O_3 = 2AlCl_3 + 3H_2O$

$2HCl + BaO_2 = BaCl_2 + H_2O_2$

$3HCl + HNO_3 = 2H_2O + NOCl + Cl_2$

$2HCl + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + Cl_2$

$HCl + HClO = H_2O + Cl_2$

$5HCl + HClO_3 = 3H_2O + 3Cl_2$

$2HCl + 2HClO_4 = 2ClO_3 + 2H_2O + Cl_2$

$5HCl + HIO_3 = ICl_3 + Cl_2 + 3H_2O$
$14HCl + 2HMnO_4 = 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$
$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$
$HCl + KOH = KCl + H_2O$
$HCl + Mg(OH)_2 = Mg(OH)Cl + H_2O$
$2HCl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O$
$3HCl + Al(OH)_3 = AlCl_3 + 3H_2O$
$2HCl + Cu(OH)_2 = CuCl_2 + 2H_2O$
$HCl + AgOH = AgCl + H_2O$
$2HCl + Zn(OH)_2 = ZnCl_2 + 2H_2O$
$2HCl + Fe(OH)_2 = FeCl_2 + 2H_2O$
$3HCl + Fe(OH)_3 = FeCl_3 + 3H_2O$
$2HCl + Na_2CO_3 = 2NaCl + CO_2 + H_2O$
$2HCl + NaClO = NaCl + Cl_2 + H_2O$
$HCl + NaClO_4 = HClO_4 + NaCl$
$2HCl + Na_2SO_3 = 2NaCl + H_2SO_3$
$HCl + AgNO_3 = AgCl + HNO_3$
$2HCl + Ag_2SO_4 = 2AgCl + H_2SO_4$
$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + H_2O + CO_2$
$HCl + KCN = KCl + HCN$
$2HCl + K_2CO_3 = 2KCl + H_2O + CO_2$
$HCl + KI = KCl + HI$
$HCl + KIO_3 = HIO_3 + KCl$
$16HCl + 2KMnO_4 = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$
$12HCl + K_2S = 2KCl + H_2S$
$2HCl + MgCO_3 = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$
$HClO + KOH = KClO + H_2O$
$3HClO_2 = 2HClO_3 + HCl$
$HClO_2 + 2HNO_2 = HCl + 2HNO_3$

$2HClO_3 = H_2O + 2ClO_2 + O$

$HClO_3 + 3H_2SO_3 = 3H_2SO_4 + HCl$

$2HClO_4 = Cl_2O_7 + H_2O$

$HClO_4 + NH_3 = NH_4ClO_4$

$2HClO_4 + BaCl_2 = 2HCl + Ba(ClO_4)_2$

$2HBr + Mg = MgBr_2 + H_2$

$2HBr + Fe = FeBr_2 + H_2$

$2HBr + Zn = ZnBr_2 + H_2$

$4HBr + O_2 \xlongequal[450℃]{CaCl_2} 2H_2O + 2Br_2$

$2HBr + O_3 = H_2O + Br_2 + O_2$

$2HBr + Cl_2 = Br_2 + 2HCl$

$4HBr + MnO_2 = MnBr_2 + Br_2 + 2H_2O$

$6HBr + 2HNO_3 = 3Br_2 + 4H_2O + 2NO$

$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$

$HBr + NaOH = NaBr + H_2O$

$HBr + KOH = KBr + H_2O$

$2HBr + Ca(OH)_2 = CaBr_2 + 2H_2O$

$HBr + AgNO_3 = AgBr + HNO_3$

$2HBr + CaCO_3 = CaBr_2 + H_2O + CO_2$

$3HBr + 3KI = 3KBr + 3HI$

$4HBrO = 2Br_2 + 2H_2O + O_2$

$5HBrO = 2Br_2 + HBrO_3 + 2H_2O$

$HBrO + HBr = Br_2 + H_2O$

$HBrO + 2HI = H_2O + HBr + I_2$

$4HBrO_3 = 2H_2O + 2Br_2 + 5O_2$

$2HBrO_3 + I_2 = 2HIO_3 + Br_2$

$HBrO_3 + 5HCl = BrCl + 2Cl_2 + 3H_2O$

$HBrO_3 + 5HBr = 3Br_2 + 3H_2O$

$$HBrO_3 + 6HI = HBr + 3I_2 + 3H_2O$$
$$2HBrO_3 + 5H_2O_2 = Br_2 + 5O_2 + 6H_2O$$
$$2HI \xlongequal{\text{빛}} I_2 + H_2$$
$$8HI + 5P \xlongequal{H_2O} 2PH_4I + 3PI_2$$
$$2HI + S = H_2S + I_2$$
$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$
$$2HI + Br_2 = 2HBr + I_2$$
$$2HI + MgO = MgI_2 + H_2O$$
$$4HI + PbO_2 = PbI_2 + 2H_2O + I_2$$
$$6HI + Au_2O_3 = 2Au + 3I_2 + 3H_2O$$
$$6HI + 2CrO_3 = Cr_2O_3 + 3H_2O + 3I_2$$
$$2HI + HClO = HCl + H_2O + I_2$$
$$6HI + HClO_3 = 3H_2O + HCl + 3I_2$$
$$5HI + HIO_3 = 3I_2 + 3H_2O$$
$$2HI + 2HNO_2 = 2NO + 2H_2O + I_2$$
$$2HI + HNO_3 = HNO_2 + I_2 + H_2O$$
$$8HI + H_2SO_4 = 4H_2O + H_2S + 4I_2$$
$$2HIO_3 + 5H_2SO_3 = 5H_2SO_4 + I_2 + H_2O$$
$$HIO_3 + NaOH = NaIO_3 + H_2O$$
$$H_2CO_3 = CO_2 + H_2O$$
$$H_2CO_3 + BaO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$
$$H_2CO_3 + NaOH = NaHCO_3 + H_2O$$
$$H_2CO_3 + 2NaOH = Na_2CO_3 + 2H_2O$$
$$H_2CO_3 + KOH = KHCO_3 + H_2O$$
$$H_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2H_2O$$
$$H_2CO_3 + Ba(OH)_2 = BaCO_3 + 2H_2O$$
$$H_2CO_3 + CaCO_3 = Ca(HCO_3)_2$$

$H_2CO_3 + CaS = CaCO_3 + H_2S$

$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO + 3O_2$

$4HNO_3 \xrightarrow[\text{또는 >84℃}]{\text{빛}} 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$

$2HNO_3 = N_2O_5 + H_2O$

$4HNO_3 + 3Na = 2H_2O + NO + 3NaNO_3$

$2HNO_3 + 2K = 2KNO_3 + H_2$

$10HNO_3 + 4Mg = 4Mg(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

$4HNO_3 + 3Ag = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$

$4HNO_3 + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

$8HNO_3 + 3Cu = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

$2HNO_3 + 3Cu = 3CuO + H_2O + 2NO$

$8HNO_3 + 3Zn = 3Zn(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

$10HNO_3 + 4Zn = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

$4HNO_3 + Zn = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

$10HNO_3 + 4Zn = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

$8HNO_3 + 2Fe = 2Fe(NO_3)_2 + 4H_2O + 4NO_2$

$4HNO_3 + Fe = NO + Fe(NO_3)_3 + 2H_2O$

$10HNO_3 + 4Fe = N_2O + 4Fe(NO_3)_2 + 5H_2O$

$2HNO_3 + 5H_2 = 6H_2O + N_2$

$4HNO_3 + C = 2H_2O + 4NO_2 + CO_2$

$5HNO_3 + 3P = 3HPO_3 + H_2O + 5NO$

$5HNO_3 + P = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$

$2HNO_3 + S = H_2SO_4 + 2NO$

$6HNO_3 + S = 6NO_2 + 2H_2O + H_2SO_4$

$10HNO_3 + I_2 \xrightarrow[\text{200~240℃}]{} I_2O_5 + 10NO_2 + 5H_2O$

$2HNO_3 + ZnO = Zn(NO_3)_2 + H_2O$

$2HNO_3 + Na_2O = 2NaNO_3 + H_2O$

$2HNO_3 + BaO = Ba(NO_3)_2 + H_2O$
$2HNO_3 + BaO_2 = Ba(NO_3)_2 + H_2O_2$
$2HNO_3 + CaO = Ca(NO_3)_2 + H_2O$
$2HNO_3 + MgO = Mg(NO_3)_2 + H_2O$
$2HNO_3 + Cu_2O = Cu(NO_3)_2 + Cu + H_2O$
$4HNO_3 + 2PbO_2 = 2Pb(NO_3)_2 + 2H_2O + O_2$
$2HNO_3 + PbO = Pb(NO_3)_2 + H_2O$
$2HNO_3 + 2HCl = 2H_2O + 2NO_2 + Cl_2$
$2HNO_3 + 6HCl = 3Cl_2 + 4H_2O + 2NO$
$2HNO_3 + 2HCl = Cl_2 + N_2O_4 + 2H_2O$
$6HNO_3 + 2HCrO_4 = 2Cr(NO_3)_3 + 4H_2O + 2O_2$
$2HNO_3 + 3H_2S = 2NO + 3S + 4H_2O$
$8HNO_3 + 3H_2S = 3H_2SO_4 + 8NO + 4H_2O$
$8HNO_3 + H_2S = H_2SO_4 + 4H_2O + 8NO_2$
$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$
$HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3$
$3HNO_3 + Al(OH)_3 = Al(NO_3)_3 + 3H_2O$
$2HNO_3 + Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$
$3HNO_3 + Fe(OH)_3 = Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$
$8HNO_3 + 6KI = 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O + 3I_2$
$2HNO_3 + K_2CO_3 = 2KNO_3 + H_2O + CO_2$
$2HNO_3 + Na_2CO_3 = 2NaNO_3 + CO_2 + H_2O$
$2HNO_3 + Na_2HPO_4 = 2NaNO_3 + H_3PO_4$
$2HNO_3 + ZnCO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$
$4HNO_3 + 3FeCl_2 = Fe(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2FeCl_3 + 2H_2O$
$8HNO_3 + MnS = MnSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$
$2HNO_3 + CuS = H_2S + Cu(NO_3)_2$
$10HNO_3 + 2FeS_2 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2SO_4 + 4H_2O + 10NO$
$4HNO_3 + 3K_2MnO_4 = 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KNO_3 + 2H_2O$

$6HNO_3 + 3K_2MnO_4 = 6KNO_3 + 3H_2MnO_4$
$4HNO_3 + 4KMnO_4 = 4KNO_3 + 4MnO_2 + 3O_2 + 2H_2O$
$H_2S + 2Hg = Hg_2S + H_2$
$4H_2S + 3Fe = Fe_3S_4 + 4H_2$
$2H_2S + O_2 \xrightarrow[\text{활성탄}]{NH_3} 2H_2O + 2S$
$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$
$H_2S + 2O_2 = H_2SO_4$
$H_2S + O_3 = H_2O + S + O_2$
$H_2S + S = H_2S_2$
$H_2S + Cl_2 \xrightarrow[400^\circ C]{Al_2O_3} 2HCl + S$
$H_2S + Br_2 = 2HBr + S$
$H_2S + CaO = CaS + H_2O$
$H_2S + CuO = CuS + H_2O$
$H_2S + PbO = PbS + H_2O$
$H_2S + Ag_2O = Ag_2S + H_2O$
$H_2S + CO_2 = COS + H_2O$
$H_2S + COS = CS_2 + H_2O$
$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$
$H_2S + HClO = HCl + H_2O + S$
$4H_2S + 2HClO_3 = 4S + 5H_2O + Cl_2O$
$3H_2S + HClO_3 = HCl + 3S + 3H_2O$
$3H_2S + 2H_2CrO_4 = 2Cr(OH)_3 + 3S + 2H_2O$
$3H_2S + HNO_2 = NH_3 + 2H_2O + 3S$
$H_2S + 2HNO_2 = 2H_2O + 2NO + S$
$3H_2S + 8HNO_3 = 3H_2SO_4 + 8NO + 4H_2O$
$3H_2S + 2HNO_3 = 2NO + 4H_2O + 3S$
$3H_2S + H_2SO_4 = 4H_2O + 4S$

$H_2S + H_2SO_4 = 2H_2O + S + SO_2$

$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$

$H_2S + 2KOH = K_2S + 2H_2O$

$H_2S + 2NH_3 = (NH_4)_2S$

$2H_2S + Ca(OH)_2 = Ca(HS)_2 + 2H_2O$

$3H_2S + 2Fe(OH)_3 = 2FeS + S + 6H_2O$

$H_2S + CaCl_2 = CaS + 2HCl$

$H_2S + SnCl_2 = SnS + 2HCl$

$2H_2S + SnCl_4 = SnS_2 + 4HCl$

$H_2S + FeCl_2 = FeS + 2HCl$

$H_2S + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + S$

$H_2S + ZnCl_2 = ZnS + 2HCl$

$H_2S + 2Fe(NO_3)_3 = 2Fe(NO_3)_2 + 2HNO_3 + S$

$H_2S + FeSO_4 = FeS + H_2SO_4$

$H_2S + Hg(NO_3)_2 = HgS + 2HNO_3$

$H_2S + Hg_2SO_4 = Hg_2S + H_2SO_4$

$H_2S + Zn(NO_3)_2 = ZnS + 2HNO_3$

$H_2S + CuSO_4 = CuS + H_2SO_4$

$H_2S + Na_2S = 2NaHS$

$H_2S + CaS = Ca(HS)_2$

$H_2S + (NH_4)_2S = 2NH_4HS$

$4H_2S + K_2Cr_2O_7 = 2Cr(OH)_3 + 3S + K_2S + H_2O$

$3H_2S + K_2Cr_2O_7 + 8HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3S$

$3H_2S + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$

$3H_2S + 2KMnO_4 = 2KOH + 2MnO_2 + 2H_2O + 3S$

$5H_2S + 2KMnO_4 + 6HCl = 2KCl + 2MnCl_2 +$
$+ 8H_2O + 5S$

$5H_2S + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 5S + K_2SO_4 + 8H_2O$

$H_2SO_3 = H_2O + SO_2$

$2H_2SO_3 + 2Na = NaHSO_3 + NaHSO_2 + H_2O$

$H_2SO_3 + Zn = ZnSO_3 + H_2$

$H_2SO_3 + 3H_2 = 3H_2O + H_2S$

$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$

$H_2SO_3 + Cl_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$

$H_2SO_3 + I_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HI$

$H_2SO_3 + CaO = CaSO_3 + H_2O$

$3H_2SO_3 + Al_2O_3 = Al_2(SO_3)_3 + 3H_2O$

$H_2SO_3 + MnO_2 = MnSO_4 + H_2O$

$H_2SO_3 + NO_2 = H_2SO_4 + NO$

$2H_2SO_3 + PH_3 = H_3PO_4 + 2S + 2H_2O$

$5H_2SO_3 + 2HIO_3 = 5H_2SO_4 + H_2O + I_2$

$H_2SO_3 + 2HNO_2 = H_2SO_4 + 2NO + H_2O$

$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$

$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$

$H_2SO_3 + Ca(OH)_2 = CaSO_3 + 2H_2O$

$H_2SO_3 + CaSO_3 = Ca(HSO_3)_2$

$H_2SO_3 + FeSO_4 = FeSO_3 + H_2SO_4$

$2H_2SO_3 + Hg_2(NO_3)_2 = 2H_2SO_4 + HgO + Hg + NO + NO_2$

$3H_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O$

$5H_2SO_3 + 2KMnO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4 + 3H_2O$

$H_2SO_4 = H_2O + SO_3$

$H_2SO_4 = H_2 + SO_2 + O_2$

$2H_2SO_4 = 2H_2SO_3 + O_2$

$H_2SO_4 + 2Na = Na_2SO_4 + H_2$

$H_2SO_4 + 2K = K_2SO_4 + H_2$

$H_2SO_4 + Mg = MgSO_4 + H_2$

$H_2SO_4 + Ca = CaSO_4 + H_2$

$3H_2SO_4 + 2Al = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$

$6H_2SO_4 + 2Al = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$

$3H_2SO_4 + 2B \xlongequal[250℃]{} B_2O_3 + 3SO_2 + 3H_2O$

$H_2SO_4 + 2Ag = Ag_2O + H_2SO_3$

$H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + H_2$

$6H_2SO_4 + 2Fe = Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$

$H_2SO_4 + Cu= CuO + H_2SO_3$

$2H_2SO_4 + Cu \xlongequal[180\sim220℃]{} CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

$H_2SO_4 + Hg = HgO + H_2SO_3$

$2H_2SO_4 + Hg = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$

$2H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

$H_2SO_4 + Sn = SnSO_4 + H_2$

$2H_2SO_4 + Pb = PbSO_4 + 2H_2O + SO_2$

$H_2SO_4 + 3H_2 = 4H_2O + S$

$H_2SO_4 + H_2 = 2H_2O + SO_2$

$H_2SO_4 + 4H_2 = 4H_2O + H_2S$

$H_2SO_4 + C = CO + H_2SO_3$

$2H_2SO_4 + C = 2H_2O + CO_2 + 2SO_2$

$2H_2SO_4 + S = 2H_2O + 3SO_2$

$H_2SO_4 + Na_2O = Na_2SO_4 + H_2O$

$H_2SO_4 + Na_2O_2 = Na_2SO_4 + H_2O_2$

$H_2SO_4 + K_2O = K_2SO_4 + H_2O$

$H_2SO_4 + MgO = MgSO_4 + H_2O$

$H_2SO_4 + CaO = CaSO_4 + H_2O$

$3H_2SO_4 + 3BaO_2 = 3BaSO_4 + 3H_2O + O_3$

$H_2SO_4 + BaO_2 = BaSO_4 + H_2O_2$

$$3H_2SO_4 + Al_2O_3 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
$$H_2SO_4 + FeO = FeSO_4 + H_2O$$
$$3H_2SO_4 + Fe_2O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
$$H_2SO_4 + CuO = CuSO_4 + H_2O$$
$$H_2SO_4 + Cu_2O = CuSO_4 + H_2O + Cu$$
$$2H_2SO_4 + PbO_2 \underset{\text{충전}}{\overset{\text{방전}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + 2HBr = H_2O + Br_2 + H_2SO_3$$
$$H_2SO_4 + 2HBr = SO_2 + Br_2 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + 6HI = 4H_2O + S + 3I_2$$
$$H_2SO_4 + 2HI = 2H_2O + SO_2 + I_2$$
$$H_2SO_4 + 8HI = H_2S + 4H_2O + 4I_2$$
$$H_2SO_4 + 2HI = H_2SO_3 + H_2O + I_2$$
$$3H_2SO_4 + 5HNO_2 + 2KMnO_4 = 5HNO_3 + \\ + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$$
$$3H_2SO_4 + 2HNO_3 + 6Hg = 3Hg_2SO_4 + 2NO + 4H_2O$$
$$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 = CaSO_4 + 2H_2O$$
$$3H_2SO_4 + 2Al(OH)_3 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$
$$H_2SO_4 + Fe(OH)_2 = FeSO_4 + 2H_2O$$
$$3H_2SO_4 + 2Fe(OH)_3 = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$
$$H_2SO_4 + Zn(OH)_2 = ZnSO_4 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + NaCl \underset{>500℃}{=\!=\!=} NaHSO_4 + HCl$$
$$H_2SO_4 + 2NaCl \underset{500℃}{=\!=\!=} Na_2SO_4 + 2HCl$$
$$8H_2SO_4 + 10NaCl + 2KMnO_4 = K_2SO_4 + \\ + 2MnSO_4 + 5Na_2SO_4 + 5Cl_2 + 8H_2O$$
$$2H_2SO_4 + 2NaCl + MnO_2 = MnSO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2O + Cl_2$$
$$H_2SO_4 + 2NaClO = Na_2SO_4 + 2HClO$$

$H_2SO_4 + NaBr = NaHSO_4 + HBr$

$H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$

$H_2SO_4 + 2NaHCO_3 = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2$

$H_2SO_4 + Na_2SO_3 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2$

$H_2SO_4 + NaHSO_3 = NaHSO_4 + SO_2 + H_2O$

$H_2SO_4 + Na_2SO_4 = 2NaHSO_4$

$3H_2SO_4 + 6NaNO_2 = 3Na_2SO_4 + 2HNO_3 + 2H_2O + 4NO$

$H_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2HNO_3$

$H_2SO_4 + NaNO_3 \xlongequal[150℃]{} HNO_3 + NaHSO_4$

$10H_2SO_4 + 2Na_2Cr_2O_7 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 4NaHSO_4 + 8H_2O + 3O_2$

$7H_2SO_4 + Na_2CrO_7 + 6FeSO_4 =$

$= 3Fe_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

$H_2SO_4 + 2KNO_3 = K_2SO_4 + 2HNO_3$

$H_2SO_4 + KBr = KHSO_4 + HBr$

$H_2SO_4 + 2KBr = K_2SO_4 + 2HBr$

$H_2SO_4 + 2KCN = K_2SO_4 + 2HCN$

$H_2SO_4 + 2KCl = K_2SO_4 + 2HCl$

$6H_2SO_4 + 4KCl + K_2Cr_2O_7 = 2CrO_2Cl_2 + 6KHSO_4 + 3H_2O$

$H_2SO_4 + 2KClO = K_2SO_4 + 2HClO$

$H_2SO_4 + 2KClO_3 = K_2SO_4 + 2HClO_3$

$3H_2SO_4 + 6KClO_3 = 3K_2SO_4 + 2HClO_4 + 2H_2O + 4ClO_2$

$H_2SO_4 + 2KClO_4 = K_2SO_4 + 2HClO_4$

$H_2SO_4 + 2KI = K_2SO_4 + 2HI$

$H_2SO_4 + KIO_3 = KHSO_4 + HIO_3$

$H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 = K_2SO_4 + H_2O + 2CrO_3$

$8H_2SO_4 + 2K_2Cr_2O_7 = 2K_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 8H_2O + 3O_2$

$4H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 + 6HCl =$

$= K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3Cl_2$

$H_2SO_4 + KMnO_4 = KHSO_4 + HMnO_4$

$H_2SO_4 + 2KMnO_4 = K_2SO_4 + Mn_2O_7 + H_2O$

$2H_2SO_4 + 4KMnO_4 = 4MnO_2 + 2K_2SO_4 + 3O_2 + 2H_2O$

$8H_2SO_4 + 2KMnO_4 + 10FeSO_4 =$
$= 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$

$3H_2SO_4 + 2KMnO_4 + 10HCl =$
$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Cl_2 + 8H_2O$

$3H_2SO_4 + 2KMnO_4 + 5H_2O =$
$= 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 5O + 8H_2O$

$6H_2SO_4 + 4KMnO_4 = 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 +$
$+ 6H_2O + 5O_2$

$H_2SO_4 + MgCO_3 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$

$H_2SO_4 + Mg(NO_3)_2 = MgSO_4 + 2HNO_3$

$H_2SO_4 + CaCl_2 = CaSO_4 + 2HCl$

$H_2SO_4 + Ca(ClO)_2 = CaSO_4 + 2HClO$

$H_2SO_4 + CaF_2 \xlongequal[200\sim280℃]{} CaSO_4 + 2HF$

$H_2SO_4 + CaI_2 = CaSO_4 + 2HI$

$H_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 = CaSO_4 + 2HNO_3$

$H_2SO_4 + CaSO_3 = CaSO_4 + H_2O + SO_2$

$3H_2SO_4 + Ca_3(PO_4)_2 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$

$2H_2SO_4 + Ca_3(PO_4)_2 = 2CaSO_4 + Ca(H_2PO_4)_2$

$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2HCl$

$H_2SO_4 + BaSO_4 = Ba(HSO_4)_2$

$H_2SO_4 + BaS = BaSO_4 + H_2S$

$3H_2SO_4 + 2AlF_3 = Al_2(SO_4)_3 + 6HF$

$H_2SO_4 + ZnCO_3 = ZnSO_4 + H_2O + CO_2$

$4H_2SO_4 + 2ZnS = 2ZnSO_4 + 2S + 2SO_2 + 4H_2O$

$H_2SO_4 + CuCl_2 = CuSO_4 + 2HCl$

$H_2SO_4 + Cu(NO_3)_2 = 2HNO_3 + CuSO_4$

$3H_2SO_4 + 2FeCl_3 = Fe_2(SO_4)_3 + 6HCl$

$6H_2SO_4 + 2FeI_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 2I_2 + 6H_2O$

$H_2SO_4 + 2FeSO_4 + Cl_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2HCl$

$H_2SO_4 + FeS = FeSO_4 + H_2S$

$10H_2SO_4 + 2FeS = Fe_2(SO_4)_3 + 9SO_2 + 10H_2O$

$H_2SO_4 + FeCO_3 = FeSO_4 + H_2O + CO_2$

$H_2SO_4 + PbCl_2 = PbSO_4 + 2HCl$

$H_2SO_4 + Pb(NO_3)_2 = PbSO_4 + 2HNO_3$

$H_2SO_4 + PbSO_4 = Pb(HSO_4)_2$

$H_2SO_4 + ZnCO_3 = ZnSO_4 + H_2O + CO_2$

$4H_2SO_4 + 2ZnS = 2ZnSO_4 + 2S + 2SO_2 + 4H_2O$

$H_2SO_4 + 2NH_4Cl = (NH_4)_2SO_4 + 2HCl$

$H_2SO_4 + 2NH_4F = (NH_4)_2SO_4 + 2HF$

$H_2SO_4 + 2NH_4NO_3 = (NH_4)_2SO_4 + 2HNO_3$

$H_2SO_4 + (NH_4)_2SO_4 \overset{\text{전해}}{=\!=\!=} (NH_4)_2S_2O_8 + H_2$

$H_2SO_4 + MnCl_2 = MnSO_4 + 2HCl$

$H_2SO_4 + MnCO_3 = MnSO_4 + CO_2 + H_2O$

$2HPO_3 = H_2O + P_2O_5$

$2HPO_3 + 6C = H_2 + 6CO + 2P$

$HPO_3 + H_2O = H_3PO_4$

$HPO_3 + NaOH = NaPO_3 + H_2O$

$H_3PO_4 \underset{300℃}{=\!=\!=} HPO_3 + H_2O$

$2H_3PO_4 = P_2O_5 + 3H_2O$

$2H_3PO_4 + 6Na = 2Na_3PO_4 + 3H_2$

$2H_3PO_4 + 3Ca = Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2$

$2H_3PO_4 + 2Al = 2AlPO_4 + 3H_2$

$2H_3PO_4 + 3MgO = Mg_3(PO_4)_2 + 3H_2O$

$H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$

$H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$

$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O$

$H_3PO_4 + 2KOH = K_2HPO_4 + 2H_2O$

$H_3PO_4 + 3KOH = K_3PO_4 + 3H_2O$

$2H_3PO_4 + Ca(OH)_2 = CaHPO_4 + 2H_2O$

$2H_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 = Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$

$H_3PO_4 + Al(OH)_3 = AlPO_4 + 3H_2O$

$H_3PO_4 + 2NaBr = Na_2HPO_4 + 2HBr$

$H_3PO_4 + 3NaI = Na_3PO_4 + 3HI$

$H_3PO_4 + Na_2CO_3 = Na_2HPO_4 + H_2O + CO_2$

$H_3PO_4 + Na_2HPO_4 = 2NaH_2PO_4$

$H_3PO_4 + KBr = KH_2PO_4 + HBr$

$H_3PO_4 + 3KBr = K_3PO_4 + 3HBr$

$H_3PO_4 + 3KI = K_3PO_4 + 3HI$

$H_3PO_4 + MgSO_4 + 3NH_3 = MgNH_4PO_4 + (NH_4)_2SO_4$

$H_3PO_4 + CaCO_3 + H_2O = CaHPO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$

$H_3PO_4 + Na_2HPO_4 = 2NaH_2PO_4$

$4H_3PO_4 + Ca_3(PO_4)_2 = 3Ca(H_2PO_4)_2$

$3H_3PO_4 + PH_3 = 4H_3PO_3$

$2HMnO_4 + 10FeSO_4 + 7H_2SO_4 =$
$= 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$

$2HMnO_4 + 5HNO_2 = 2MnO + 5HNO_3 + H_2O$

$8HMnO_4 + 6NH_3 \cdot H_2O =$
$= 3NH_4NO_3 + 8MnO(OH)_2 + 5H_2O$

$2HMnO_4 + 10NaCl + 14HNO_3 =$
$= 10NaNO_3 + 2Mn(NO_3)_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$

4. 염기와 단순물 및 화합물사이의 화학방정식

$LiOH + HCl = LiCl + H_2O$
$LiOH + HBr = LiBr + H_2O$
$LiOH + HF = LiF + H_2O$
$LiOH + HI = LiI + H_2O$
$LiOH + HIO_3 = LiIO_3 + H_2O$
$LiOH + HNO_3 = LiNO_3 + H_2O$
$3LiOH + H_3PO_4 = Li_3PO_4 + 3H_2O$
$2LiOH + H_2SO_4 = Li_2SO_4 + 2H_2O$
$LiOH + H_2S = LiHS + H_2O$
$2LiOH + H_2S = Li_2S + 2H_2O$
$3LiOH + Na_3PO_4 = Li_3PO_4 + 3NaOH$
$2LiOH + BaCl_2 = Ba(OH)_2 + 2LiCl$
$2LiOH + CaCl_2 = Ca(OH)_2 + 2LiCl$

$2NaOH \xlongequal{\text{전해}} 2Na + H_2 + O_2$

$2NaOH + Br_2 = NaBrO + NaBr + H_2O$

$4NaOH + 2C \xlongequal[950℃]{Fe} Na_2CO_3 + 2Na + 2H_2 + CO$

$2NaOH + 2Al + 2H_2O = 3H_2 + 2NaAlO_2$
$2NaOH + CO = Na_2CO_3 + H_2$
$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$
$2NaOH + Cl_2 = NaClO + NaCl + H_2O$
$4NaOH + 2Cl_2 = 4NaCl + O_2 + 2H_2O$
$6NaOH + 3Cl_2 = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$
$2NaOH + I_2 = NaI + NaIO + H_2O$

$2NaOH + 2Na = 2Na_2O + H_2$

$6NaOH + 6S = 2Na_2S_2 + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$

$4NaOH + Si = Na_4SiO_4 + 2H_2$

$2NaOH + Zn = Na_2ZnO_2 + H_2$

$7NaOH + 4Zn + NaNO_3 = 4Na_2ZnO_2 + NH_3 + 2H_2O$

$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$

$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$

$2NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O$

$2NaOH + 4NO = 2NaNO_2 + H_2O + N_2O$

$2NaOH + N_2O_3 = 2NaNO_2 + H_2O$

$2NaOH + As_2O_3 = 2NaAsO_2 + H_2O$

$6NaOH + As_2O_5 = 2Na_3AsO_4 + 3H_2O$

$2NaOH + Al_2O_3 = 2NaAlO_2 + H_2O$

$2NaOH + PbO = Na_2PbO_2 + H_2O$

$NaOH + HF = NaF + H_2O$

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

$NaOH + HBr = NaBr + H_2O$

$NaOH + HIO_3 = NaIO_3 + H_2O$

$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$

$NaOH + H_2CO_3 = NaHCO_3 + H_2O$

$2NaOH + H_2CO_3 = Na_2CO_3 + 2H_2O$

$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$

$NaOH + Al(OH)_3 = NaAlO_2 + 2H_2O$

$NaOH + Al(OH)_3 = Na[Al(OH)_4]$

$2NaOH + Zn(OH)_2 = NaZnO_2 + 2H_2O$

$2NaOH + CaCl_2 = Ca(OH)_2 + 2NaCl$

$2NaOH + SnCl_2 = Sn(OH)_2 + 2NaCl$

$4NaOH + SnCl_4 = Sn(OH)_4 + 4NaCl$

$2NaOH + CuCl_2 = Cu(OH)_2 + 2NaCl$

$4NaOH + ZnCl_2 = Na_2ZnO_2 + 2NaCl + H_2O$

$2NaOH + ZnCl_2 = Zn(OH)_2 + 2NaCl$

$3NaOH + FeCl_3 = Fe(OH)_3 + 3NaCl$

$2NaOH + MnCl_2 = Mn(OH)_2 + 2NaCl$

$NaOH + NH_4Cl = 2NaCl + H_2O + NH_3$

$2NaOH + Pb(NO_3)_2 = Pb(OH)_2 + 2NaNO_3$

$3NaOH + Fe(NO_3)_3 = Fe(OH)_3 + 3NaNO_3$

$2NaOH + Zn(NO_3)_2 = Zn(OH)_2 + 2NaNO_3$

$NaOH + NaHSO_4 = Na_2SO_4 + H_2O$

$2NaOH + MgSO_4 = Na_2SO_4 + Mg(OH)_2$

$2NaOH + FeSO_4 = Na_2SO_4 + Fe(OH)_2$

$2NaOH + MnSO_4 = Na_2SO_4 + Mn(OH)_2$

$2NaOH + CuSO_4 = Na_2SO_4 + Cu(OH)_2$

$2NaOH + ZnSO_4 = Na_2SO_4 + Zn(OH)_2$

$NaOH + NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O$

$NaOH + NaH_2PO_4 = Na_2HPO_4 + H_2O$

$NaOH + Na_2HPO_4 = Na_3PO_4 + H_2O$

$Al(OH)_3 + Ba(OH)_2 = Ba[Al(OH)_5]$

$Al(OH)_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2O$

$$2KOH \xlongequal{\text{전해}} 2K + H_2 + O_2$$

$2KOH = K_2O + H_2O$

$2KOH + 2K = 2K_2O + H_2$

$4KOH + Si = K_4SiO_4 + 2H_2$

$6KOH + 2C = 2K_2CO_3 + 3H_2 + 2K$

$4KOH + O_2 + MnCl_2 = K_2MnO_4 + 2H_2O + 2KCl$

$2KOH + 2S = KHSO_2 + KHS$

$2KOH + Cl_2 = KCl + KClO + H_2O$

$6KOH + 3Cl_2 = KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$

$KOH + Cl_2 = KCl + HClO$

$KOH + Cl_2 = KClO + HCl$

$6KOH + 3Br_2 = 5KBr + KBrO_3 + 3H_2O$

$4KOH + 3Fe = Fe_3O_4 + 2H_2 + 4K$

$2KOH + Sn = K_2SnO_2 + H_2$

$2KOH + 2Al + 2H_2O = 2KAlO_2 + 3H_2$

$2KOH + Zn = K_2ZnO_2 + H_2$

$KOH + Zn + H_2O = KHZnO_2 + H_2$

$2KOH + SiO_2 = K_2SiO_3 + H_2O$

$2KOH + SO_2 = K_2SO_3 + H_2O$

$KOH + SO_2 = KHSO_3$

$KOH + CO_2 = KHCO_3$

$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$

$2KOH + N_2O_3 = 2KNO_2 + H_2O$

$2KOH + 2NO_2 = KNO_2 + KNO_3 + H_2O$

$KOH + HCl = KCl + H_2O$

$2KOH + H_2CO_3 = K_2CO_3 + 2H_2O$

$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$

$KOH + H_2S = KHS + H_2O$

$2KOH + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2H_2O$

$KOH + H_2SO_4 = KHSO_4 + H_2O$

$KOH + Al(OH)_3 = K[Al(OH)_4]$

$KOH + Al(OH)_3 = KAlO_2 + 2H_2O$

$2KOH + Zn(OH)_2 = K_2ZnO_2 + 2H_2O$

$2KOH + Sn(OH)_2 = K_2SnO_2 + 2H_2O$

$2KOH + Sn(OH)_4 = K_2[Sn(OH)_6]$

$2KOH + Pb(OH)_2 = K_2PbO_2 + 2H_2O$

$2KOH + BaCl_2 = 2KCl + Ba(OH)_2$

$3KOH + AlCl_3 = 3KCl + Al(OH)_3$
$4KOH + AlCl_3 = KAlO_2 + 3KCl + 2H_2O$
$6KOH + 3FeCl_2 = 6KCl + 3Fe(OH)_2$
$6KOH + 2FeCl_3 = 6KCl + 2Fe(OH)_3$
$2KOH + MnCl_2 = 2KCl + Mn(OH)_2$
$KOH + NH_4Cl = KCl + NH_3 + H_2O$
$2KOH + SnCl_2 = H_2SnO_2 + 2KCl$
$4KOH + SnCl_4 = H_2SnO_3 + 4KCl + H_2O$
$4KOH + SnCl_4 = Sn(OH)_4 + 4KCl$
$6KOH + SnCl_4 = K_2SnO_3 + 4KCl + 3H_2O$
$2KOH + ZnCl_2 = Zn(OH)_2 + 2KCl$
$2KOH + 2AgNO_3 = 2KNO_3 + Ag_2O + H_2O$
$2KOH + Pb(NO_3)_2 = Pb(OH)_2 + 2KNO_3$
$KOH + KHS = K_2S + H_2O$
$KOH + KHSO_4 = K_2SO_4 + H_2O$
$2KOH + CuSO_4 = K_2SO_4 + Cu(OH)_2$
$2KOH + ZnSO_4 = K_2SO_4 + Zn(OH)_2$
$2KOH + K_2Cr_2O_7 = 2K_2CrO_4 + H_2O$

$$4KOH + 4KMnO_4 \xlongequal{\text{전해}} 4K_2MnO_4 + 2H_2O + O_2$$

$2KOH + 4KMnO_4 + MnO_2 = 3K_2MnO_4 + 2H_2O$

$$Mg(OH)_2 \xlongequal[500℃]{} MgO + H_2O$$

$Mg(OH)_2 + CO_2 = MgCO_3 + H_2O$
$Mg(OH)_2 + 2HBr = MgBr_2 + 2H_2O$
$Mg(OH)_2 + 2HCl = MgCl_2 + 2H_2O$
$Mg(OH)_2 + H_3PO_3 = MgHPO_3 + 2H_2O$
$Mg(OH)_2 + CaCl_2 + CO_2 = MgCl_2 + CaCO_3 + H_2O$
$Mg(OH)_2 + 2NH_4Cl = MgCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$

$$Ca(OH)_2 \xlongequal[580℃]{} CaO + H_2O$$

$3Ca(OH)_2 + 2Al(OH)_3 = Ca_3[Al(OH)_6]_2$

$6Ca(OH)_2 + 6Br_2 = Ca(BrO_3)_2 + 5CaBr_2 + 6H_2O$

$2Ca(OH)_2 + C = CaCO_3 + CaO + 2H_2$

$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$

$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + K_2CO_3 = CaCO_3 + 2KOH$

$3Ca(OH)_2 + 2FeF_3 = 3CaF_2 + 2Fe(OH)_3$

$Ca(OH)_2 + MgCl_2 = Mg(OH)_2 + CaCl_2$

$Ca(OH)_2 + Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + H_2O_2 = CaO_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 = CaCO_3 + 2H_2O$

$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$

$Ca(OH)_2 + Hg_2Cl_2 = CaCl_2 + 2HgOH$

$2Ca(OH)_2 + 4NO_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaOH$

$Ca(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 = CaSO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$

$3Ca(OH)_2 + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$

$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_4 + H_2$

$Fe(OH)_2 + 2KCN = Fe(CN)_2 + 2KOH$

$Fe(OH)_2 + 6KCN = K_4[Fe(CN)_6] + 2KOH$

$2Fe(OH)_3 + Fe(OH)_2 = Fe_3O_4 + 4H_2O$

$Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl = FeCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O$

$2Fe(OH)_3 + 3Na_2S = 2FeS + 6NaOH + S$

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow[700℃]{} CuO + H_2O$$

$Cu(OH)_2 + 2HCl = CuCl_2 + 2H_2O$

$Cu(OH)_2 + 2HBr = CuBr_2 + 2H_2O$

$Cu(OH)_2 + 2HF = CuF_2 + 2H_2O$

$Cu(OH)_2 + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4](OH)_2$

$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$

$Zn(OH)_2 + 2KOH = K_2ZnO_2 + 2H_2O$

$Zn(OH)_2 + 4NH_3 = [Zn(NH_3)_4](OH)_2$

5. 염과 단순물, 산화물, 산, 염기사이의 화학방정식

$$2LiCl \xrightarrow{\text{전해}} 2Li + Cl_2$$

$LiCl + AgNO_3 = AgCl + LiNO_3$

$2LiCl + H_2SO_4 = Li_2SO_4 + 2HCl$

$2LiCl + CaCO_3 = Li_2CO_3 + CaCl_2$

$2LiCl + Ag_2CrO_4 = 2AgCl + Li_2CrO_4$

$4LiNO_3 + 2H_2SO_4 = 2Li_2SO_4 + 4HNO_3$

$Li_2SO_4 + BaCl_2 = 2LiCl + BaSO_4$

$Li_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = 2LiNO_3 + BaSO_4$

$Li_2SO_4 + BaCO_3 = Li_2CO_3 + BaSO_4$

$BeCl_2 + 2Na = Be + 2NaCl$

$BeCl_2 + 2K = Be + 2KCl$

$BeCl_2 + 2LiCl = Li_2[BeCl_4]$

$BeCl_2 + 2NaCl = Na_2[BeCl_4]$

$BeCl_2 + 2KCl = K_2[BeCl_4]$

$BeCl_2 + (NH_4)_2CO_3 = BeCO_3 + 2NH_4Cl$

$$BeF_2 + Mg \xlongequal[1\ 300℃]{} Be + MgF_2$$

$$2Be(NO_3)_2 \xlongequal[1\ 100℃]{} 2BeO + 4NO_2 + O_2$$

$Be(NO_3)_2 + H_2SO_4 = BeSO_4 + 2HNO_3$
$Be(NO_3)_2 + 2NaOH = Be(OH)_2 + 2NaNO_3$
$Be(NO_3)_2 + 2KOH = Be(OH)_2 + 2KNO_3$
$Be(NO_3)_2 + 2(NH_4)_2CO_3 = BeCO_3 + 2NH_4NO_3$
$BeSO_4 + BaCl_2 = BeCl_2 + BaSO_4$
$BeSO_4 + Ba(NO_3)_2 = Be(NO_3)_2 + BaSO_4$
$BeSO_4 + 2KOH = Be(OH)_2 + K_2SO_4$
$BeSO_4 + Ca(OH)_2 = Be(OH)_2 + CaSO_4$
$BeSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = BeCO_3 + (NH_4)_2SO_4$
$2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$
$BCl_3 + 3K = B + 3KCl$
$B_2H_6 + 6Cl_2 = 2BCl_3 + 6HCl$
$B_2H_6 + 3O_2 = 2B(OH)_3$

$$CS_2 \xlongequal{빛} C + 2S$$

$CS_2 + 4H_2 = 2H_2S + CH_4$
$2CS_2 + 6H_2 = 4H_2S + C_2H_4$
$CS_2 + O_2 = CO_2 + 2S$
$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$
$CS_2 + 2Br_2 = CBr_4 + 2S$

$$CS_2 + 3Cl_2 \xlongequal{MnCl_2} S_2Cl_2 + CCl_4$$

$$CS_2 + 2H_2O \xlongequal[>150℃]{} 2H_2S + CO_2$$

$CS_2 + SO_3 = COS + SO_2 + S$

$$2NH_3 + 2Na \xlongequal{300\sim 500℃} 2NaNH_2 + H_2$$

$$2NH_3 + 2K = 2KNH_2 + H_2$$
$$2NH_3 + 3Mg = Mg_3N_2 + 3H_2$$
$$2NH_3 + 2Al = 2AlN + 3H_2$$
$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

$$4NH_3 + 5O_2 \xlongequal[900℃]{Pt\text{-}Rh} 4NO + 6H_2O$$

$$2NH_3 + 3Cl_2 \xlongequal{CuO} 6HCl + N_2$$

$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$$

$$NH_3 + CO \xlongequal[500\sim 900℃]{Al_2O_3} HCN + H_2O$$

$$2NH_3 + CO_2 \xlongequal[\substack{19\sim 20MPa \\ 180\sim 200℃}]{} CO(NH_2)_2 + H_2O$$

$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$
$$2NH_3 + SO_2 + H_2O = (NH_4)_2SO_3$$
$$NH_3 + NaCl + CO_2 + H_2O = NaHCO_3 + NH_4Cl$$
$$2NH_3 + 2NO_2 = NH_4NO_3 + N_2 + H_2O$$
$$4NH_3 + 6NO = 5N_2 + 6H_2O$$
$$2NH_3 + CaCl_2 = CaCl_2 \cdot 2NH_3$$

$$2NH_3 + CaCO_3 \xlongequal[700\sim 800℃]{CaF_2} = CaCN_2 + 3H_2O$$

$$NH_4Cl = NH_3 + HCl$$
$$2NH_4Cl + 3Cl_2 = N_2 + 8HCl$$
$$2NH_4Cl + 3Br_2 = N_2 + 2HCl + 6HBr$$
$$2NH_4Cl + MgO = MgCl_2 + H_2O + 2NH_3$$
$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$$
$$2NH_4Cl + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2HCl$$

$2NH_4Cl + CaCO_3 = CaCl_2 + (NH_4)_2CO_3$

$2NH_4Cl + CaCO_3 = CaCl_2 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O$

$2NH_4Cl + K_2Cr_2O_7 = 2KCl + (NH_4)_2Cr_2O_7$

$2NH_4Cl + 4NH_4NO_3 = 5N_2 + Cl_2 + 12H_2O$

$$5NH_4NO_3 \xlongequal[260\sim290℃]{} 2HNO_3 + 4N_2 + 9H_2O$$

$$2NH_4NO_3 \xlongequal[>500℃]{} N_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$2NH_4NO_3 \xlongequal[400\sim500℃]{} 2N_2 + O_2 + 4H_2O$$

$$NH_4NO_3 \xlongequal[210℃]{} N_2O + 2H_2O$$

$4NH_4NO_3 + 2NH_4Cl = 5N_2 + Cl_2 + 12H_2O$

$$2NaCl \xlongequal{\text{전해}} 2Na + Cl_2$$

$2NaCl + Ca(NO_3)_2 = 2NaNO_3 + CaCl_2$

$NaCl + NH_4NO_3 = NaNO_3 + NH_4Cl$

$2NaCl + MgSO_4 = Na_2SO_4 + MgCl_2$

$2NaCl + CuSO_4 = Na_2SO_4 + CuCl_2$

$2NaCl + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaCl_2$

$NaBr + AgNO_3 = AgBr + NaNO_3$

$2NaI + Cl_2 = 2NaCl + I_2$

$2NaI + Br_2 = 2NaBr + I_2$

$2NaF + CaCl_2 = 2NaCl + CaF_2$

$2NaF + CaCO_3 = CaF_2 + Na_2CO_3$

$NaNO_3 + 4H_2 = NaOH + 2H_2O + NH_3$

$NaNO_3 + 2H_2O = NaOH + NH_3 + 2O_2$

$NaNO_3 + KCl = KNO_3 + NaCl$

$Na_2S + CaCl_2 = 2NaCl + CaS$

$Na_2S + MnSO_4 = MnS + Na_2SO_4$

$Na_2S + Ag_2SO_4 = Na_2SO_4 + Ag_2S$

$Na_2S + ZnSO_4 = ZnS + Na_2SO_4$

$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$

$Na_2SO_3 + S = Na_2S_2O_3$

$Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O = 2NaHSO_3$

$Na_2SO_4 + BaCl_2 = 2NaCl + BaSO_4$

$Na_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = 2NaNO_3 + BaSO_4$

$Na_2SO_4 + BaS \xlongequal[1\ 200℃]{} Na_2S + BaSO_4$

$Na_2SO_4 + 4C \xlongequal[1\ 000℃]{} Na_2S + 4CO$

$Na_2SO_4 + CaCl_2 = 2NaCl + CaSO_4$

$Na_2SO_4 + Ca(NO_3)_2 = 2NaNO_3 + CaSO_4$

$Na_2SO_4 + CH_4 \xlongequal[800℃]{} 2Na_2S + CO_2 + 2H_2O$

$Na_2SO_4 + 4H_2 \xlongequal[600℃]{Fe} Na_2S + 4H_2O$

$Na_2CO_3 + MgCl_2 = MgCO_3 + 2NaCl$

$Na_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 + 2NaCl$

$Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2NaCl$

$Na_2CO_3 + FeCl_2 = FeCO_3 + 2NaCl$

$3Na_2CO_3+2FeCl_3+6H_2O=6NaCl+2Fe(OH)_3+3H_2O+3CO_2$

$Na_2CO_3 + MnCl_2 = MnCO_3 + 2NaCl$

$Na_2CO_3 + CuCl_2 = 2NaCl + CuO + CO_2$

$Na_2CO_3 + 2NH_4NO_3 = 2NaNO_3 + (NH_4)_2CO_3$

$Na_2CO_3 + Mg(NO_3)_2 = MgCO_3 + 2NaNO_3$

$Na_2CO_3 + Ba(NO_3)_2 = BaCO_3 + 2NaNO_3$

$Na_2CO_3 + MgSO_4 = MgCO_3 + Na_2SO_4$

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 = Na_2SO_4 + CaCO_3$$
$$Na_2CO_3 + FeSO_4 = Na_2SO_4 + FeCO_3$$
$$Na_2CO_3 + CuSO_4 = Na_2SO_4 + CuSO_4$$
$$Na_2CO_3 + ZnSO_4 = Na_2SO_4 + ZnCO_3$$

$$MgCl_2 \xlongequal{\text{전해}} Mg + Cl_2$$

$$MgCl_2 \cdot 6H_2O \xlongequal[600℃]{} MgO + 2HCl + 5H_2O$$

$$MgCl_2 + 2Na = 2NaCl + Mg$$
$$2MgCl_2 + O_2 = 2MgO + 2Cl_2$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$
$$2Mg(NO_3)_2 \xlongequal[>400℃]{} 2MgO + 4NO_2 + O_2$$

$$AlCl_3 + 3Na = 3NaCl + Al$$
$$AlCl_3 + 3K = 3KCl + Al$$
$$4AlCl_3 + 3O_2 \xlongequal[400℃]{} 2Al_2O_3 + Cl_2$$

$$AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$$
$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 + 3NaCl$$
$$AlCl_3 + 4NaOH = Na[Al(OH)_4] + 3NaCl$$
$$AlCl_3 + 4KOH = KAlO_2 + 3KCl + 2H_2O$$
$$2AlCl_3 + 3Na_2CO_3 = 6NaCl + Al_2(CO_3)_3$$
$$Al_2(SO_4)_3 \xlongequal[>450℃]{} Al_2O_3 + 3SO_3$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 = 2AlCl_3 + 3BaSO_4$$
$$Al_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + 24H_2O = 2[NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$$

$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$
$KBr + AgCl = KCl + AgBr$
$KBr + AgNO_3 = KNO_3 + AgBr$
$KBr + KClO_3 = KBrO_3 + KCl$
$6KBr + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 7H_2O + 3Br_2$
$2KBr + Na_2SO_4 = K_2SO_4 + 2NaBr$
$KBrO_3 + 3H_2 = KBr + 3H_2O$
$KBrO_3 + 3C = 3CO + KBr$
$2KBrO_3 + 12HCl = 2KCl + Br_2 + 5Cl_2 + 6H_2O$

$$2KCl \xlongequal{\text{전해}} 2K + Cl_2$$

$$KCl + 3H_2O \xlongequal{\text{전해}} KClO_3 + 3H_2$$

$$2KCl + 2H_2O \xlongequal{\text{전해}} 2KOH + H_2 + Cl_2$$

$KCl + 2O_2 = KClO_4$
$KCl + NaClO_4 = KClO_4 + NaCl$
$2KCl + MgSO_4 = K_2SO_4 + MgCl_2$
$KCl + NaCN = KCN + NaCl$

$$2KClO_3 \xlongequal[240℃]{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

$$2KClO_3 \xlongequal[400℃]{} 2KCl + 3O_2$$

$$4KClO_3 \xlongequal[400℃]{} 3KClO_4 + KCl$$

$2KClO_3 = KClO_4 + KCl + O_2$
$KClO_3 + 3PCl = 3POCl + KCl$
$KClO_3 + 3PCl_3 = 3POCl_3 + KCl$
$KClO_3 + AgNO_3 = KNO_3 + AgClO_3$

$KClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 = KCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

$KClO_3 + 3KCN = KCl + 3KOCN$

$KClO_4 \xlongequal[>400℃]{} KCl + 2O_2$

$2KClO_4 + 16HCl = 2KCl + 8Cl_2 + 8H_2O$

$2KClO_4 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HClO_4$

$2K_4[Co(CN)_6] + Br_2 = 2KBr + 2K_3[Co(CN_6)]$

$K_4[Co(CN)_6] + 4HCl = Co(CN)_2 + 4KCl + 4HCN$

$2K_4[Co(CN)_6] + 2H_2O = 2K_3[Co(CN)_6] + 2KOH + H_2$

$K_2CrO_4 + 2AgNO_3 = Ag_2CrO_4 + 2KNO_3$

$K_2CrO_4 + BaCl_2 = BaCrO_4 + 2KCl$

$K_2CrO_4 + CuSO_4 = K_2SO_4 + CuCrO_4$

$2K_2Cr_2O_7 = 2K_2O + 2Cr_2O_3 + 3O_2$

$K_2Cr_2O_7 + 2AgNO_3 = 2KNO_3 + Ag_2Cr_2O_7$

$K_2Cr_2O_7 + BaCO_3 = K_2CrO_4 + BaCrO_4 + CO_2$

$K_2Cr_2O_7 + 2BaCl_2 + H_2O = 2BaCrO_4 + 2KCl + 2HCl$

$K_2Cr_2O_7 + 6FeSO_4 + 7H_2SO_4 = K_2SO_4 + 3Fe_2(SO_4)_3 +$

$+ Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

$2K_2Cr_2O_7 + 8H_2O = 4KOH + 4Cr(OH)_3 + 3O_2$

$K_2Cr_2O_7 + 4H_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2CrO_3 + 5H_2O$

$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 4H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O + 3S$

$K_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl = 2KCl + Cr_2O_3 + 4H_2O + N_2$

$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = 2KCr(SO_4)_2 + H_2O$

$2K_3[Fe(CN)_6] + 3FeCl_2 = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 6KCl$

$K_3[Fe(CN)_6] + FeCl_3 = Fe[Fe(CN)_6] + 3KCl$

$2K_3[Fe(CN)_6] + 3FeSO_4 = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 3K_2SO_4$

$K_3[Fe(CN)_6] + FeSO_4 + 3KOH = K_4[Fe(CN)_6] +$

$+ Fe(OH)_3 + K_2SO_4$

$2K_3[Fe(CN)_6] + 2KI = 2K_4[Fe(CN)_6] + I_2$

$2K_4[Fe(CN)_6] + Br_2 = 2K_3[Fe(CN)_6] + 2KBr$

$2K_4[Fe(CN)_6] + Cl_2 = 2K_3[Fe(CN)_6] + 2KCl$

$K_4[Fe(CN)_6] + 2CuCl_2 = Cu_2[Fe(CN)_6] + 4KCl$

$K_4[Fe(CN)_6] + 2CuSO_4 = Cu_2[Fe(CN)_6] + 2K_2SO_4$

$2K_4[Fe(CN)_6]+2H_2O \xlongequal{\text{전해}} 2K_3[Fe(CN)_6]+2KOH+H_2$

$2K_4[Fe(CN)_6]+3H_2SO_4=K_2Fe[Fe(CN)_6]+3K_2SO_4+6HCN$

$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$

$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$

$KI + I_2 = KI_3$

$6KI + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3I_2 + 2NO + 4H_2O$

$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$

$3KI + H_3PO_4 = K_3PO_4 + 3HI$

$2KI + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HI$

$2KI + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2KCl + I_2$

$2KI + HgCl_2 = 2KCl + HgI_2$

$2KI + Hg_2Cl_2 = Hg + HgI_2 + 2KCl$

$2KI + 2CuCl_2 = 2CuCl + 2KCl + I_2$

$2KI + HgI_2 = K_2[HgI_4]$

$2KI + CuSO_4 = CuI_2 + K_2SO_4$

$4KI + 2CuSO_4 = 2CuI + 2K_2SO_4 + I_2$

$6KI + 2K_2CrO_4 + 16HCl = 10KCl + 2CrCl_3 + 8H_2O + 3I_2$

$6KI + 5K_2Cr_2O_7 = 8K_2CrO_4 + Cr_2O_3 + 3I_2$

$2KI + 2K_3[Fe(CN)_6] = I_2 + 2K_4[Fe(CN)_6]$

$10KI+2KMnO_4+16HCl = 12KCl+2MnCl_2+8H_2O+5I_2$

$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$

$4KI + O_2 + 2H_2O = 4KOH + 2I_2$

$2KIO_3 = 2KI + 3O_2$

$2KIO_3 + 3C = 2KI + 3CO_2$

$KIO_3 + HCl = HIO_3 + KCl$

$KIO_4 = KI + 2O_2$

$KIO_4 + 7KI + 8HCl = 8KCl + 4I_2 + 4H_2O$

$KIO_4 + 2KI + H_2O = KIO_3 + 2KOH + I_2$

$3K_2MnO_4 \xrightarrow[475\sim960℃]{N_2} 2K_3MnO_4 + MnO_2 + O_2$

$K_2MnO_4 + Cl_2 = 2KCl + MnO_2 + O_2$

$2K_2MnO_4 + Cl_2 = 2KMnO_4 + 2KCl$

$2K_2MnO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{전해}} 2KMnO_4 + 2KOH + H_2$

$2K_2MnO_4 + 2H_2O = 4KOH + 2MnO_2 + O_2$

$K_2MnO_4 + 8HCl = MnCl_2 + 2KCl + 2Cl_2 + 4H_2O$

$3K_2MnO_4 + 4HNO_3 = 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KNO_3 + 2H_2O$

$K_2MnO_4 + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + O_2$

$4KMnO_4 = 2K_2O + 4MnO_2 + 3O_2$

$KMnO_4 + 5FeCl_2 + 8HCl = MnCl_2 + KCl + 5FeCl_3 + 4H_2O$

$4KMnO_4 + 2H_2O = 4MnO_2 + 4KOH + 3O_2$

$2KMnO_4 + H_2O_2 = 2Mn + 2KOH + 4O_2$

$4KMnO_4 + 12HCl = 4KCl + 4MnCl_2 + 6H_2O + 5O_2$

$4KMnO_4 + 4HNO_3 = 4KNO_3 + 4MnO_2 + 3O_2 + 2H_2O$

$2KMnO_4 + 5HNO_2 + 3H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5HNO_3 + 3H_2O$

$4KMnO_4 + 4KOH \xrightarrow{\text{전해}} 4K_2MnO_4 + 2H_2O + O_2$

$2KMnO_4 + 4KOH + MnO_2 = 3K_2MnO_4 + 2H_2O$

$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$

$2KMnO_4 + 5SnCl_2 + 16HCl = 2MnCl_2 + 5SnCl_4 + 2KCl + 8H_2O$

$4KNO_3 = 2K_2O + 2N_2 + 5O_2$

$2KNO_3 + 10K = 6K_2O + N_2$

$6KNO_3 + 10Al = 6KAlO_2 + 2Al_2O_3 + 3N_2$

$KNO_3 + Pb = KNO_2 + PbO$

$KNO_3 + Cu = KNO_2 + CuO$

$4KNO_3 + 5C = 2K_2CO_3 + 3CO_2 + 2N_2$

$KNO_3 + 4H_2 = KOH + 2H_2O + NH_3$

$KNO_3 + NaCl = KCl + NaNO_3$

$4KNO_3 + MnS = K_2MnO_4 + K_2SO_4 + 4NO$

$K_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 + 2KNO_3$

$K_2SO_4 + 4C = K_2S + 4CO$

$K_2SO_4 + 2C = K_2S + 2CO_2$

$K_2SO_4 + CaCl_2 = 2KCl + CaSO_4$

$K_2SO_4 + 4H_2 = KOH + KHS + 3H_2O$

$K_2SO_4 + H_2O = KHSO_4 + KOH$

$$CaCO_3 + 2NH_3 \xlongequal[700\sim800℃]{CaF_2} CaCN_2 + 3H_2O$$

$CaCO_3 + 2NH_4Cl = CaCl_2 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O$

$$CaCO_3 + 2NH_4NO_3 \xlongequal[125\sim135℃]{} Ca(NO_3)_2 + (NH_4)_2CO_3$$

$CaCO_3 + 2NaCl = CaCl_2 + Na_2CO_3$

$CaCO_3 + SO_2 = CaSO_3 + CO_2$

$$CaCl_2 \xlongequal{전해} Ca + Cl_2$$

$CaCl_2 + 2AgNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2AgCl$

$CaCl_2 + BaSO_4 = CaSO_4 + BaCl_2$

$CaCl_2 + K_2SO_4 = CaSO_4 + 2KCl$

$CaCl_2 + Na_2SO_4 = CaSO_4 + 2NaCl$

$CaCl_2 + ZnSO_4 = CaSO_4 + ZnCl_2$

$Ca_3(PO_4)_2 + 4HCl = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaCl_2$

$Ca_3(PO_4)_2 + 4HNO_3 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2Ca(NO_3)_2$

$Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 = 3Ca(NO_3)_2 + 2H_3PO_4$

$Ca_3(PO_4)_2 + H_2SO_4 = 2CaHPO_4 + CaSO_4$

$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$

$Ca_3(PO_4)_2 + H_3PO_4 = 3CaHPO_4$

$CaSO_4 + BaCl_2 = CaCl_2 + BaSO_4$

$CaSO_4 + 2NaCl = CaCl_2 + Na_2SO_4$

$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$

제2장. 유기물질의 화학반응식

1. 포화탄화수소

메탄 CH_4

$$CH_4 \xrightarrow{\text{적열관}} C + 2H_2$$

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{빛 또는 열}} CH_3Cl + HCl$$

염화메틸
(클로로메탄)

$$CH_4 + 2Cl_2 \xrightarrow{\text{빛}} CH_2Cl_2 + 2HCl$$

이염화메틸
(디클로로메탄)

$$CH_4 + 3Cl_2 \xrightarrow[\text{400~500℃ 촉매없이}]{\text{빛}} CHCl_3 + 3HCl$$

클로로포름
(트리클로로메탄)

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI$$

요드화메틸

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow{700℃} 3H_2 + CO$$

$$3CH_4 + 2H_2O + CO_2 \xrightarrow{700℃} 8H_2 + 4CO$$

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

이산화탄소

$$CH_4 + CO_2 \xrightarrow[700℃]{} 2H_2 + 2CO$$

$$CH_4 + HNO_3 \longrightarrow CH_3NO_2 + H_2O$$

니트로메탄

$$CH_4 + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\text{Cu, Ag촉매}} CH_3OH$$

메틸알콜

$$2CH_4 \xrightarrow[1\ 200℃]{\text{열분해}} CH{\equiv}CH + 3H_2$$
아세틸렌

에탄 CH_3CH_3

$$CH_3CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3CH_2Cl + HCl$$
염화에틸
(클로로에탄)

$$CH_3CH_3 + 2Cl_2 \longrightarrow CH_3CHCl_2 + 2HCl$$
디클로로에탄
(염화에틸리덴)

$$CH_3CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3CH_2Br + HBr$$
브롬화에틸

$$CH_3CH_3 + I_2 \longrightarrow CH_3CH_2I + HI$$
요드화에틸

$$2CH_3CH_3 + 7O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

$$CH_3CH_3 \xrightarrow{575℃} CH_2{=}CH_2 + H_2$$
에틸렌

프로판 $CH_3CH_2CH_3$

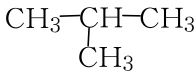
$$CH_3CH_2CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2Cl + HCl$$
염화프로필

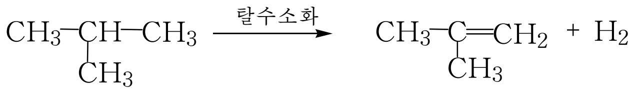
$$2CH_3CH_2CH_3 + HNO_3 \xrightarrow{500℃} 2CH_3CH_2CH_2NO_2 + H_2O$$
니트로프로판

부탄 $CH_3CH_2CH_2CH_3$

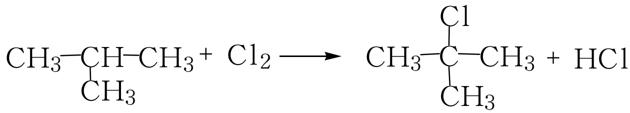
$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow[500\sim600℃]{\text{촉매(Mg, Zn, Be)}}$$

$$\longrightarrow CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2$$
1, 3-부타디엔

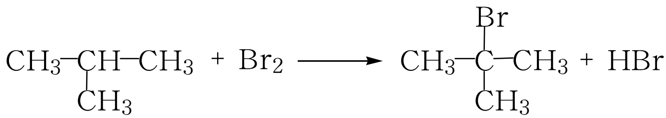
이소부탄 



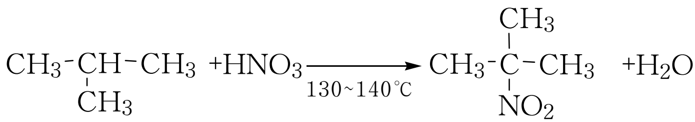
이소부텐



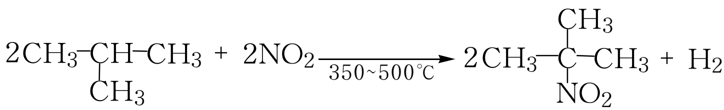
2-클로로-2-메틸프로판



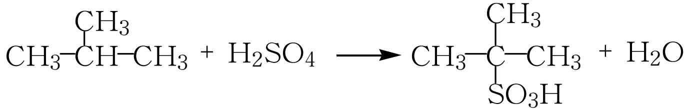
2-브로모-2-메틸프로판



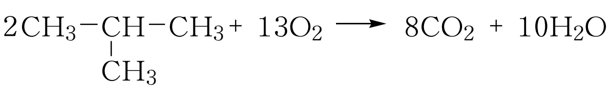
2-니트로-2-메틸프로판



2-니트로-2-메틸프로판



2,2-디메틸에틸술폰산



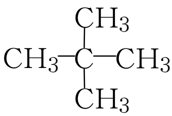
펜탄 C_5H_{12}

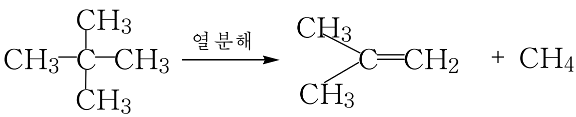
$$C_5H_{12} \xrightarrow{\text{열분해}} \underset{\text{프로판}}{CH_3-CH_2-CH_3} + \underset{\text{에틸렌}}{CH_2=CH_2}$$

$$C_5H_{12} + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{클로로펜탄}}{C_5H_{11}Cl} + HCl$$

$$C_5H_{12} + HNO_3 \longrightarrow \underset{\text{니트로펜탄}}{C_5H_{11}NO_2} + H_2O$$

$$C_5H_{12} + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{아밀술폰산}}{C_5H_{11}SO_3H} + H_2O$$

네오펜탄 



이소부텐

헥산 C_6H_{14}

$$C_6H_{14} \xrightarrow{\text{열분해}} C_4H_{10} + CH_2=CH_2$$

$$2C_6H_{14} + 19O_2 \xrightarrow{\text{연소}} 12CO_2 + 14H_2O$$

$$C_6H_{14} + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{클로로헥산}}{C_6H_{13}Cl} + HCl$$

$$C_6H_{14} + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{브로모헥산}}{C_6H_{13}Br} + HBr$$

$$C_6H_{14} + HNO_3 \longrightarrow \underset{\text{니트로헥산}}{C_6H_{13}NO_2} + H_2O$$

$$C_6H_{14} + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{n- 헥실술폰산}}{C_6H_{13}SO_3H} + H_2O$$

2. 에틸렌계탄화수소

에틸렌 $CH_2{=}CH_2$

$$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{\text{높은 온도}} 2C + 2H_2$$

$$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{\text{높은 온도}} CH{\equiv}CH + H_2$$

아세틸렌

$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow[\text{촉매}]{} CH_3{-}CH_3$$

에탄

$$CH_2{=}CH_2 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

$$CH_2{=}CH_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CH_3CHO$$

초산알데히드

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow[\text{가열}]{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$$

에틸알콜(에타놀)

$$CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \xrightarrow[\text{촉매}]{} ClCH_2{-}CH_2Cl$$

1,2- 디클로로에탄

(염화에틸렌)

$$CH_2{=}CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl$$

클로로에탄

(염화에틸)

$$CH_2{=}CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3CH_2Br$$

브로모에탄

(브롬화에틸)

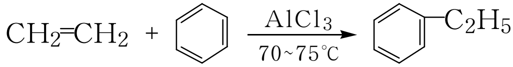
$$CH_2{=}CH_2 + HI \longrightarrow CH_3CH_2I$$

요도에탄

(요드화에틸)

$$CH_2{=}CH_2 + H_2SO_4 \xrightarrow[0\sim5^{\circ}C]{} CH_3CH_2HSO_4$$

에틸류산



에틸벤졸

프로필렌 $CH_3-CH=H_2$

$$nCH_3-CH=CH_2 \xrightarrow[\text{중합}]{\text{촉매}} \left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}- \right]_n$$

폴리프로필렌

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_3$$

프로판

$$CH_3-CH=CH_2 + O_2 \longrightarrow CH_2=CHCHO + H_2O$$

아크롤레인

$$CH_3-CH=CH_2 + \frac{3}{2}O_2 + NH_3 \xrightarrow{\text{Mo계 촉매}}$$

$$\longrightarrow CH_2=CHCN + 3H_2O$$

아크릴니트릴

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\ ZnCl_2} CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

2-프로파놀

$$CH_3-CH=CH_2 + Cl_2 \xrightarrow{550℃} CH_2=CH-CH_2Cl + HCl$$

염화알릴

$$CH_3-CH=CH_2 + Cl_2 \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH_2}}$$

1,2-디클로로프로판

$$CH_3-CH=CH_2 + Br_2 \xrightarrow{\text{방온도}} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-\underset{\underset{Br}{|}}{CH_2}$$

1,2-디브로모프로판

$$CH_3-CH=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-CH_3$$

2-클로로프로판(염화이소프로필)

$$CH_3-CH=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_3$$

2-브로모프로판(브롬화이소프로필)

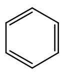
$$CH_3-CH=CH_2 + HI \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{I}{|}}{CH}-CH_3$$

2-요도프로판

3. 아세틸렌계탄화수소

아세틸렌 $CH \equiv CH$

$$2CH \equiv CH \longrightarrow \underset{\text{메탄}}{CH_4} + 3C$$

$3CH \equiv CH \longrightarrow$ 

벤졸

$$CH \equiv CH + H_2 \xrightarrow{Pd} \underset{\text{에틸렌}}{CH_2=CH_2}$$

$$CH \equiv CH + 2H_2 \xrightarrow{Pd} \underset{\text{에탄}}{CH_3-CH_3}$$

$$2CH\equiv CH + 2H_2 \xrightarrow[\text{20기압}]{Ni+ZnCl_2} \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>C{=}CH_2$$

이소부틸렌

$$CH\equiv CH + O_2 \longrightarrow 2CO + H_2$$

$$2CH\equiv CH + 5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

$$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} CH_3CHO$$

아세트알데히드

$$CH\equiv CH + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CH_3COOH$$

초산

$$2CH\equiv CH + 3H_2O \xrightarrow[400^\circ C]{ZnO} CH_3COCH_3 + CO_2 + 2H_2$$

아세톤

$$CH\equiv CH + Cl_2 \longrightarrow 2C + 2HCl$$

$$CH\equiv CH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}$$

디클로로에틸렌

$$CH\equiv CH + Br_2 \longrightarrow \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}{=}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}$$

디브로모에틸렌

$$CH\equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2{=}CH{-}Cl$$

클로로에틸렌

$$CH\equiv CH + HBr \longrightarrow CH_2{=}CH{-}Br$$

브로모에틸렌

$$CH\equiv CH + HCN \xrightarrow{Cu_2Cl_2} CH_2{=}CH{-}CN$$

아크릴니트릴

$$CH\equiv CH + CH_3COOH \xrightarrow[170^\circ C]{(CH_3COO)_2Zn} CH_2{=}\underset{\displaystyle OCOCH_3}{\underset{|}{CH}}$$

초산비닐에스테르

4. 디엔계탄화수소

프로파디엔 $CH_2=C=CH_2$

$$CH_2=C=CH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$$

아세톤

$$CH_2=C=CH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{\underset{Br}{|}}{CH_2}-\underset{\underset{Br}{|}}{C}=CH_2$$

2,3-디브로모프로필렌

$$CH_2=C=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{C}=CH_2$$

2-브로모-1-프로필렌

5. 지방족탄화수소의 할로겐유도체

염화메틸 CH_3Cl

$$CH_3Cl + H_2 \longrightarrow CH_4 + HCl$$

$$2CH_3Cl + 2Na \longrightarrow C_2H_6 + 2NaCl$$

$$CH_3Cl + H_2O \longrightarrow CH_3OH + HCl$$

$$CH_3Cl + NaOH \longrightarrow CH_3OH + NaCl$$

$$CH_3Cl + KOH \longrightarrow CH_3OH + KCl$$

$$CH_3Cl + NaI \longrightarrow CH_3I + NaCl$$

$$CH_3Cl + NaNO_2 \longrightarrow CH_3NO_2 + NaCl$$

브롬화메틸 CH_3Br

$$CH_3Br + H_2 \longrightarrow CH_4 + HBr$$

$$2CH_3Br + 2Na \longrightarrow C_2H_6 + 2NaBr$$

$$CH_3Br + H_2O \longrightarrow CH_3OH + HBr$$

$$CH_3Br + NaOH \longrightarrow CH_3OH + NaBr$$

$$CH_3Br + KOH \longrightarrow CH_3OH + KBr$$

요드화메틸 CH_3I

$$CH_3I + H_2 \longrightarrow CH_4 + HI$$

$$CH_3I + HI \longrightarrow CH_4 + I_2$$

$$2CH_3I + Zn \longrightarrow C_2H_6 + ZnI_2$$

$$CH_3I + Na_2SO_3 \longrightarrow \underset{\text{메틸술폰산나트리움}}{CH_3SO_3Na} + NaI$$

$$CH_3I + NH_3 \longrightarrow \underset{\text{요드화메틸암모니움}}{[CH_3NH_3]I}$$

염화에틸 C_2H_5Cl

$$C_2H_5Cl \longrightarrow C_2H_4 + HCl$$

$$C_2H_5Cl + NaOH \xrightarrow{\text{가열}} C_2H_5OH + NaCl$$

브롬화에틸 C_2H_5Br

$$C_2H_5Br + H_2 \longrightarrow \underset{\text{에탄}}{CH_3CH_3} + HBr$$

$$C_2H_5Br + Cl_2 \longrightarrow \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}} + HCl$$

1-브로모-2-클로로에탄

$$C_2H_5Br + H_2O \xrightarrow{\text{가열}} C_2H_5OH + HBr$$

$$C_2H_5Br + KOH \rightarrow C_2H_5OH + KBr$$

$$C_2H_5Br + NH_3 \rightarrow [C_2H_5NH_3]Br$$

브롬화에틸암모니움

$$C_2H_5Br + NaCN \longrightarrow C_2H_5CN + NaBr$$

프로피온산니트릴

요드화에틸 C_2H_5I

$$C_2H_5I + H_2 \xrightarrow{(ROH+Zn)} C_2H_6 + HI$$

에탄

$$C_2H_5I \longrightarrow CH_2=CH_2 + HI$$

에틸렌

$$2C_2H_5I + 2Na \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + 2NaI$$

부탄

$$C_2H_5I + H_2O \longrightarrow C_2H_5OH + HI$$

에틸알콜

$$C_2H_5I + HI \longrightarrow C_2H_6 + I_2$$

에탄

$$C_2H_5I + KOH \longrightarrow C_2H_5OH + KI$$

$$C_2H_5I + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_2=CH_2 + KI + H_2O$$

$$C_2H_5I + NaOH \longrightarrow C_2H_5OH + NaI$$

$$C_2H_5I + NaOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_2{=}CH_2 + NaI + H_2O$$

염화비닐

$$nCH_2{=}CHCl \xrightarrow[35\sim60℃]{\text{아빈}} {\left[CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}H \right]}_n$$

폴리염화비닐

6. 지방족탄화수소의 산소유도체

지방족알콜

메틸알콜 CH_3OH

$$CH_3OH + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow \underset{\text{포름알데히드}}{HCHO} + H_2O$$

$$CH_3OH + O_2 \xrightarrow[KMnO_4]{Cr_2O_3} \underset{\text{개미산}}{HCOOH} + H_2O$$

$$2CH_3OH + 3O_2 \xrightarrow{\text{연소}} \underset{\text{탄산가스}}{2CO_2} + 4H_2O$$

$$2CH_3OH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{메틸렌클로로히드린}}{2ClCH_2OH} + H_2$$

$$CH_3OH + Br_2 \xrightarrow{\text{붉은린}} \underset{\text{브롬화메틸}}{CH_3Br} + HBrO$$

$$CH_3OH + I_2 \rightleftharpoons \underset{\text{요드화메틸}}{CH_3I} + HIO$$

$$2CH_3OH + 2Na \longrightarrow \underset{\text{나트리움메틸라트}}{2CH_3ONa} + H_2$$

$$CH_3OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2,\ FeCl_3} \underset{\text{염화메틸}}{CH_3Cl} + H_2O$$

$$2CH_3OH \xrightarrow[130\sim140℃]{H_2SO_4} \underset{\text{디메틸에테르}}{CH_3OCH_3} + H_2O$$

$$3CH_3OH + PCl_3 \longrightarrow \underset{\text{염화메틸}}{3CH_3Cl} + H_3PO_3$$

$$CH_3OH + \underset{\text{초산}}{CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH} \xrightarrow[\text{에스테르화}]{} \underset{\text{초산메틸에스테르}}{CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_3} + H_2O$$

에틸알콜 C_2H_5OH

$$C_2H_5OH \xrightarrow{\text{탈수소화촉매}} \underset{\text{아세트알데히드}}{CH_3CHO} + H_2$$

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[140℃]{\text{질은 } H_2SO_4} \underset{\text{디에틸에테르}}{(C_2H_5)_2O} + H_2O$$

$$C_2H_5OH \xrightarrow[170℃]{\text{질은 } H_2SO_4} \underset{\text{에틸렌}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O$$

$$2C_2H_5OH \xrightarrow{Cu-Ce} \underset{\text{초산에틸에스테르}}{CH_3COOC_2H_5} + 2H_2$$

$$C_2H_5OH + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{KMnO_4 + H_2SO_4} \underset{\text{아세트알데히드}}{CH_3CHO} + H_2O$$

$$C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{KMnO_4 + H_2SO_4} CH_3COOH + H_2O$$

$$C_2H_5OH + 3O_2 \xrightarrow{\text{연소}} 2CO_2 + 3H_2O$$

$$C_2H_5OH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{아세트알데히드}}{CH_3CHO} + 2HCl$$

$$C_2H_5OH + HCl \xrightarrow[\text{가열}]{ZnCl_2} C_2H_5Cl + H_2O$$

나트리움에틸라트 C_2H_5ONa

$$C_2H_5ONa + H_2O \longrightarrow \underset{\text{에틸알콜}}{C_2H_5OH} + NaOH$$

$$C_2H_5ONa + CH_3\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}OH \xrightarrow[\text{에스테르화}]{} \underset{\text{초산에틸에스테르}}{CH_3\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}OC_2H_5} + NaOH$$

$$C_2H_5ONa + CO \xrightarrow{160\sim200^\circ C} \underset{\text{프로피온산나트리움}}{C_2H_5COONa}$$

에틸렌글리콜 $\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}\text{-}\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}$

$$\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}\text{—}\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}} \longrightarrow \underset{\text{글리콜알데히드}}{HOCH_2CHO} + H_2$$

$$\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}\text{—}\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}} \xrightarrow{Al_2O_3} \underset{\text{초산알데히드}}{CH_3CHO} + H_2O$$

$$\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}\text{—}\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}} + O_2 \longrightarrow \underset{\text{글리콜산}}{HOCH_2COOH} + H_2O$$

지방족카르본산

개미산 HCOOH

$$HCOOH \xrightarrow[\text{가열}]{Li/Pd} CO_2 + H_2$$

$$HCOOH \xrightarrow[\text{가열}]{H_2SO_4} CO + H_2O$$

$$HCOOH + 2H_2 \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{메틸알콜}}{CH_3OH} + H_2O$$

$$HCOOH + NaOH \longrightarrow \underset{\text{개미산나트리움}}{HCOONa} + H_2O$$

초산 CH_3COOH

$$2CH_3COOH \longrightarrow C_2H_6 + 2CO_2 + H_2$$

$$2CH_3COOH \longrightarrow \underset{\text{초산무수물}}{(CH_3CO)_2O} + H_2O$$

$$2CH_3COOH \xrightarrow[300^\circ C]{MnO_2} \underset{\text{아세톤}}{CH_3COCH_3} + CO_2 + H_2O$$

$$CH_3COOH + H_2 \longrightarrow \underset{\text{아세트알데히드}}{CH_3CHO} + H_2O$$

$$CH_3COOH + 2H_2 \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{에틸알콜}}{CH_3CH_2OH} + H_2O$$

$$CH_3COOH + Cl_2 \xrightarrow{\text{산 또는 염기}} \underset{\text{모노클로로초산}}{ClCH_2COOH} + HCl$$

$$2CH_3COOH + 2Na \longrightarrow \underset{\text{초산나트리움}}{2CH_3COONa} + H_2$$

폴리초산비닐 $\left[-CH_2-\underset{\displaystyle OCOCH_3}{\underset{|}{CH}}- \right]_n$

$$\left[-CH_2-\underset{\displaystyle OCOCH_3}{\underset{|}{CH}}- \right]_n + nCH_3OH \xrightarrow[50\sim60^\circ C]{NaOH} \left[-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}- \right]_n +$$

$$+ nCH_3COOCH_3$$

7. 혼성기능원자단을 가진 화합물

옥시산, 알데히드 및 케톤산, 당류

옥시초산 $\underset{\underset{OH}{|}}{C}H_2COOH$

$$HOCH_2COOH \xrightarrow{\text{짙은 류산}} \underset{\text{포름알데히드}}{HCHO} + CO + H_2O$$

$$HOCH_2COOH + O_2 \longrightarrow \underset{\text{싱아산}}{\underset{\underset{COOH}{|}}{COOH}} + H_2O$$

$$HOCH_2COOH + NH_3 \longrightarrow \underset{\text{옥시초산아미드}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}H_2CONH_2} + H_2O$$

$$HOCH_2COOH + C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{옥시초산에틸에스테르}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}H_2COOC_2H_5} + H_2O$$

글리콜알데히드 $HOCH_2CHO$

$$HOCH_2CHO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow \underset{\text{글리콜산}}{HOCH_2COOH}$$

아세토초산 $CH_3\underset{\underset{O}{\|}}{C}CH_2COOH$

$$CH_3COCH_2COOH + H_2 \xrightarrow{Ni} \underset{\beta\text{-옥시버터산}}{CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_2COOH}$$

포도당 $CH_2OH(CHOH)_4CHO$

$$CH_2OH(CHOH)_4CHO \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

사탕 $C_{12}H_{22}O_{11}$

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow[\text{가열}]{H^+} \underset{\text{포도당}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{과당}}{C_6H_{12}O_6}$$

섬유소 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]n + nH_2O \longrightarrow 3nCO_2 + 3nCH_4$$

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]n + nH_2O \longrightarrow nC_6H_{12}O_6$$

포도당

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]n + 3nHNO_3 \longrightarrow$$

$$\longrightarrow [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]n + 3nH_2O$$

질산섬유소(니트로섬유소)

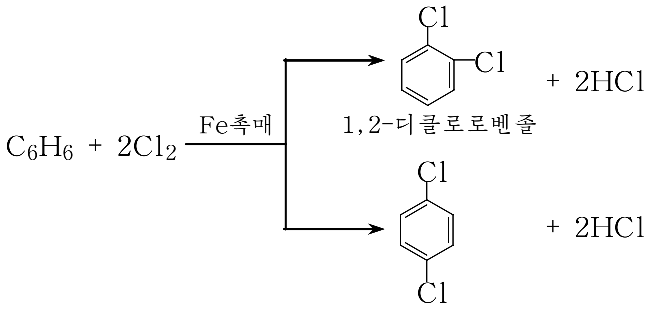
알카리섬유소 $[C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n$

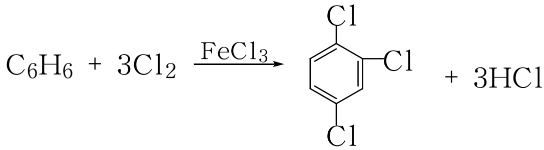
$$[C_6H_7O_2(OH)_2ONa]n + nCS_2 \longrightarrow C(OC_6H_7O_2(OH)_2)(=S)SNa$$

섬유소크산토겐산나트리움

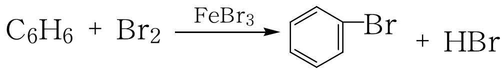
8. 벤졸과 그 유도체

벤졸 C_6H_6

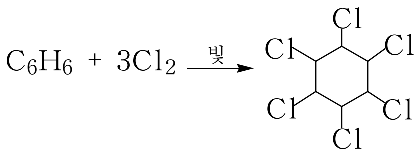




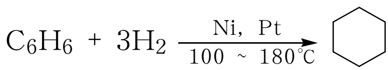
1,2,4-트리클로로벤졸



브롬벤졸



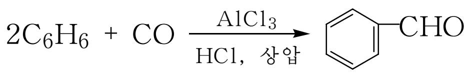
헥사클로로란



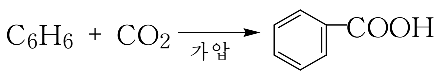
시클로헥산

$$2C_6H_6 + 15O_2 \xrightarrow{\text{연소}} 12CO_2 + 6H_2O$$

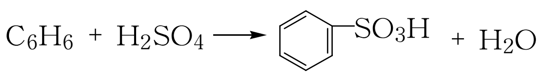
이산화탄소



안식향산알데히드

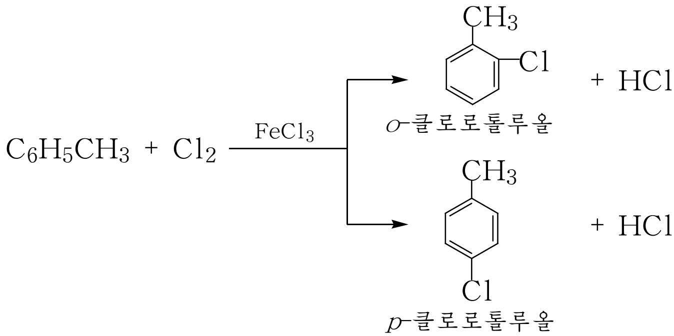


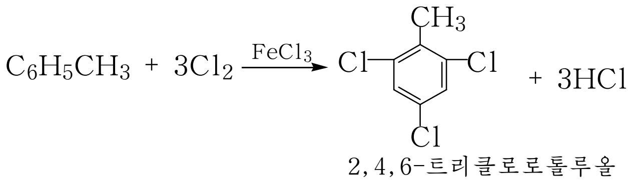
안식향산

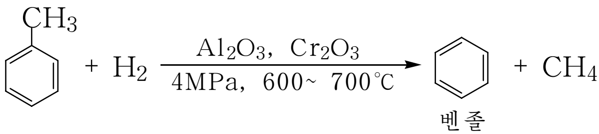


벤졸술폰산

톨루올 $C_6H_5CH_3$

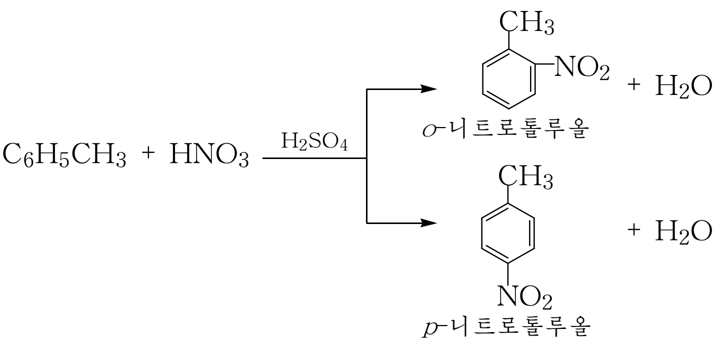


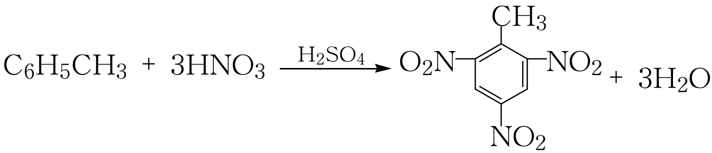




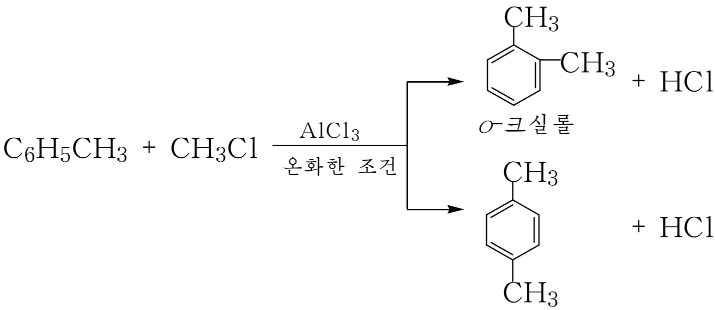
$$C_6H_5CH_3 + HCl \longrightarrow C_6H_6 + HCl$$

벤졸



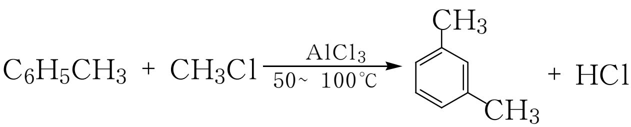


2,4,6-트리니트로톨루올

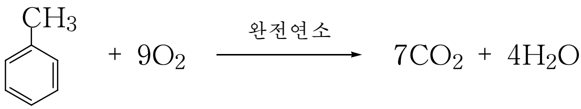


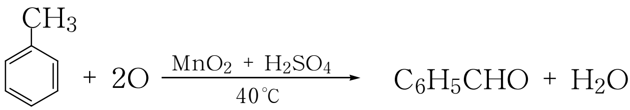
o-크실롤

p-크실롤

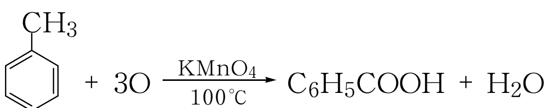


m-크실롤





안식향산알데히드

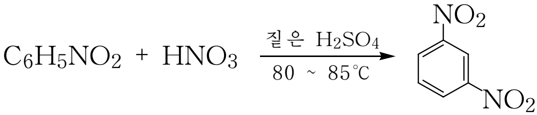


안식향산

니트로벤졸 $C_6H_5NO_2$

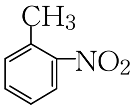
$$C_6H_5NO_2 + 3H_2 \xrightarrow{Fe + HCl} C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

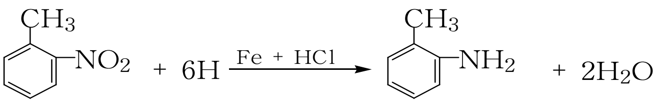
아닐린



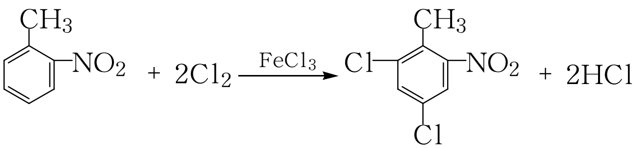
1,3 -니트로벤졸

니트로톨루올

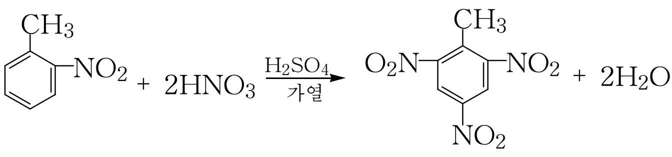




o -아미노톨루올



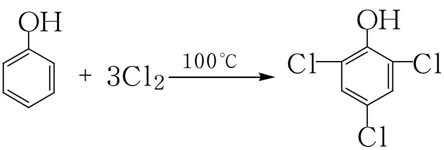
2 -니트로 -4,6 -디클로로톨루올



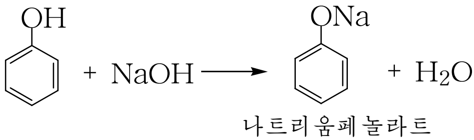
2,4,6-트리니트로톨루올

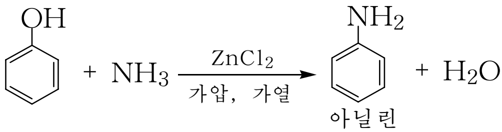
페놀류

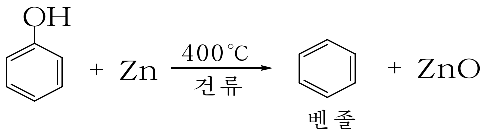
페놀 C_6H_5OH

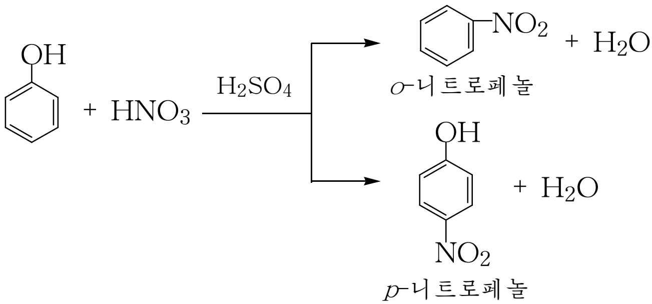


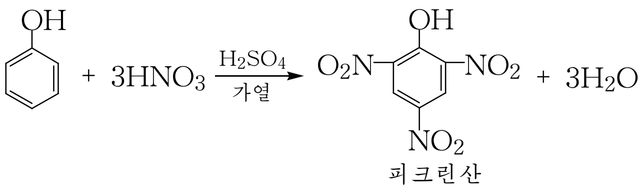
2,4,6 -트리클로로페놀


OH
+ NaOH
ONa
+ H2O
나트리움페놀라트


OH
+ NH3
ZnCl2
가압, 가열
NH2
+ H2O
아닐린


OH
+ Zn
400℃
건류
+ ZnO
벤졸


OH
+ HNO3
H2SO4
NO2
+ H2O
o-니트로페놀
OH
NO2
+ H2O
p-니트로페놀


OH
+ 3HNO3
H2SO4
가열
OH
O2N
NO2
NO2
+ 3H2O
피크린산

제3편. 화학발명, 발견자료

제1장. 화학발전에 기여한 과학자들

최무선(1326-1395)

우리 나라에서 화약은 14세기말에 최무선에 의하여 많이 만들어졌다. 그는 1350년경부터 시작하여 거의 20년동안 고심어린 연구를 거듭하여 선조들의 화약제조기술을 발전시켰으며 합리적인 배합비률을 가진 질좋은 화약을 만들어내였다.

그는 어려서부터 외래침략자들의 침입으로부터 우리 인민들이 당하는 불행과 재난을 직접 목격하면서 화약무기를 만들어 침략자들을 쳐부실 결심을 가지게 되였다. 여러해동안의 꾸준한 노력과 실험끝에 화약의 원료인 염초를 만드는데 성공하였고 그에 기초하여 화약을 만들게 되였다. 이와 함께 여러가지 화약무기를 발명하였다. 그리하여 1380년의 진포바다싸움과 1383년의 박두양바다싸움에서 외래침략자들을 완전히 수장시킴으로써 화약무기의 위력이 남김없이 과시되였다. 그가 쓴 책으로는 《화약수련지법》이 있는데 거기에는 염초채취법과 함포, 각종 포탄의 제조법이 집대성되여있다.

최무선은 화약제조법을 기록한 책을 아들 최해산에게 넘겨주었다. 최해산도 화약제조법을 더욱 발전시켰고 수많은 화약무기를 만들었다.

<u>로모노쏘브</u>(1711-1765)

로씨야의 물리학자이며 화학자인 로모노쏘브는 어느 한 촌의 자그마한 마을에서 태여났다. 배우려는 열망이 남달리 강했던 그는 고학으로 학교과정을 마치고 1735년부터 싼크트뻬쩨르부르그종합대학에서 화학, 물리에 대하여 배웠으며 1741년까지 도이췰란드에서 류학한 후 귀국하여 싼크트뻬쩨르부르그대학의 교수로 20여년동안 활동하였다. 그의 연구사업은 1748년까지는 주로 물리학을, 1757년까지는 화학, 그 이후부터는 기술문제에 대하여 연구하였다. 그는 책《물리, 화학의 교육과정》에서 원자론의 립장에서 화학적현상과 열현상을 설명하고 화학리론을 정밀화하는데 힘썼다.

그는 1748년경에 금속의 변화에 대한 연구과정에 화학반응에서 생성물들의 질량의 합은 반응물들의 질량의 합과 같다는 질량보존의 법칙을 발견하고 이에 기초하여 1756년에 닫긴 그릇속에서 금속의 불타기실험을 진행하여《플로기스톤》이 불타기에 참가하는것이 아니라 공기가 참가한다는것을 실증하였다. 이밖에 1752~1756년에 얼점내림, 용해도, 결정화 등 용액의 물리, 화학성질을 연구하였다.

로모노쏘브의 과학적활동에서 특징적인것은 과학분야가 다양한것이다. 그는 물리학자, 화학자, 광물학자, 지질학자, 기상학자, 천문학자, 지리학자였을뿐아니라 시인, 언어학자, 력사가, 설계가인 동시에 발명가였다.

> **· 과학은 젊은이들을 먹여살리고 늙은이들에게는 기쁨을 준다.**
>
> **· 작은 사람은 산우에서도 작지만 큰 사람은 구뎅이안에서도 크다.**
>
> **(로모노쏘브 미하일 와씰리예비츠)**

캐븐디쉬(1731-1810)

영국의 화학자이며 물리학자인 캐븐디쉬는 부유한 귀족가문에서 출생하였다. 그는 자기 가정의 막대한 재산을 가지고 편안하게 살수 있었으나 세상을 리별할 정도로 오직 과학연구에만 전심전력하였다.

그는 18세기의 과학자들중에서 가장 지식이 풍부한 과학자의 한사람이였다.

1766년에 수소를 발견하고 수소와 공기, 수소와 산소로부터 물을 합성한것으로 하여 그의 이름은 세상에 널리 알려지게 되였다. 그리고 물을 합성할 때 산소 1체적과 수소 2체적의 비로 화합이 일어난다는 정량적인 화합반응도 실험적으로 확증하였다. 이밖에 그는 질소를 발견하였고 기체의 밀도, 기체의 용해도에 대해서도 처음으로 정량적인 연구를 진행하였다. 동시에 경수의 성질에 관한 연구도 하였다. 또한 대기의 화학조성이 언제나 일정하다는것을 증명하였고 그 이후 드문기체를 발견하였다. 이와 함께 비열을 연구하고 수은의 끓음점 및 녹음점의 정밀측정을 진행하였다.

캐븐디쉬는 꾸준한 노력과 정확한 실험으로 귀중한 발견들을 많이 하였으나 자신을 나타내기 싫어하던 나머지 연구성과마저 발표하지 않아 귀중한 자료들이 한세기가까이 묻혀있게 되였다. 그러나 막스웰에 의하여 그 성과들이 공개된 이후 그의 이름은 더욱 널리 알려지게 되였다.

프리스틀리(1733-1804)

영국의 화학자이다.

프리스틀리는 어릴 때 어머니를 잃고 할머니의 손에서 자라났으며 1752년에 신학교에 입학하여 졸업후 교원을 하였다. 1771년부터 화학에 관심을 가지고 처음으로 소다

수를 발명하여 금메달을 받았다. 이를 계기로 그는 화학에 더욱 흥미를 가지고 기체에 대한 연구를 많이 하였다. 그는 이산화질소, 산화질소, 산화이질소, 염화수소, 암모니아, 이산화류황 등 중요한 기체를 차례로 발견하였다. 이 기체들에 대하여 다른 학자들도 연구하였지만 그 자료들을 계통적으로 모으고 연구한것은 프리스틀리뿐이였다. 또한 그는 기체의 실험장치와 실험기구를 개량하였다. 그는 공기실험장치에서 물대신 수은을 써서 물에 풀리는 기체들을 포집하는데 성공하였다.

프리스틀리의 최후의 업적은 산소를 발견하고 그 성질을 밝혀낸것이다.

프리스틀리는 1774년 8월에 붉은색의 산화수은을 넣은 관을 수은이 가득찬 그릇의 수은우에 거꾸로 놓고 렌즈로 태양열을 모아 가열하였다. 이때 어떤 기체와 수은으로 분해되였다.

이 기체속에서는 양초가 잘 탔고 나무쪼각의 불티가 불길을 올리면서 잘 타며 동물의 호흡도 도왔으므로 그는 이 기체가 공기와 같다고 생각하면서도 불타기와 호흡을 돕는 정도가 보통의 공기보다 훨씬 큰것으로 보아 공기와 다른 새로운 종류의 기체라고 생각하였다. 그리고 이 기체에 《탈프로기스톤공기》라고 이름을 달아 발표하였다.(1775년 3월 15일)

프리스틀리의 이 발견은 쉘레의 발견보다 2~3년 늦었지만 발표가 빨랐기때문에 산소발견자의 영예를 지니게 되였다.

프리스틀리는 실험에서 비상한 재능을 가지고 중요한 기체를 많이 발견하여 화학발전력사에 이름을 남기였지만 그가 취한 연구방법이 조잡하고 완성되지 못하였으므로 그

가 얻은 실험값은 믿음성이 적었으며 또한 더욱 앞당기거나 새롭게 가져올수 있는 중요한 발견을 놓쳐버리게 하였다.

그는 리론면에서 극단적인 보수파였다. 라부아지에에 의하여 플로기스톤설의 약점이 여지없이 밝혀져 많은 학자들이 라부아지에의 리론을 지지하였지만 그는 마지막까지 플로기스톤의 신봉자로 남아있었으므로 산소발견으로 인한 화학리론에서의 큰 성과를 끝내 인식하지 못하였다.

쉘레(1742-1786)

스웨리예의 화학자이다.

14살 때인 1756년 고향에 있는 약국에서 약제사의 견습공으로 일하면서 화학을 자습하였고 그후에는 스톡홀름의 웁쌀라대학에서 화학을 배웠다.

그는 스웨리예 왕립과학원 회원으로 추천되기도 하였으나 이러한 명예를 거절하고 약제사로 일하면서 꾸준히 화학을 연구하여 무기화학과 유기화학부문에서 많은 업적을 남기였다.

무기화학부문에서는 산소, 염소, 망간, 산화베릴리움, 아질산, 불화수소, 아비산, 아비산동(Ⅱ)(쉘레풀색), 몰리브덴산, 월프람산, 붕산, 산화질소, 암모니아, 류화수소 등을 발견하였다. 그리고 염화수소와 이산화류황, 칼리움과 나트리움을 식별하고 뼈속에서 린을 추출해냈다.

또한 염화은이 해빛을 받으면 변한다는것을 발견하였다.

유기화학부문에서는 포도주산, 젖산, 싱아산, 뇨산, 테트라옥시아디핀산, 시안화수소산, 안식향산, 레몬산, 사과산, 몰식자산, 피로갈롤, 글리세린 등을 발견하였다. 이가운데서 가장 중요한 업적은 산소와 염소를 발견한것이다.

그는 1772년 공기중에 산소기체가 있으며 이 기체는 연소를 돕는다는것을 발견하였다. 그리고 산소는 식물이나

물고기에도 들어있다는것을 밝혔다.

이 발견은 그의 론문이 1775년에야 발행되여 프리스틀리의 발표보다 늦어진 관계로 첫 산소발견자의 영예를 지니지 못하였다. 그는 1774년 이산화망간에 염산을 작용시킬 때 염소기체가 나온다는것을 발견하였다.

라부아지에(1743-1794)

프랑스의 화학자이다.

라부아지에의 모든 연구에서 특징적인것은 반응하는 물질들을 정량적으로 정확히 계산한것이였다. 그는 어떤 실험에서나 반응전이나 반응후의 질량을 달아보고 《이 물질은 가벼워지고 저 물질은 무거워졌다. 결국 첫째 물질로부터 무엇인가가 없어지고 그것이 둘째 물질에 덧붙는것이다.》라는 식으로 생각하였다.

그는 린태우기실험, 숯을 태우는 실험, 금속이 녹쓰는 현상이 《불의 공기》(산소)와 결합한다고 하는 실험적사실을 론문으로 발표하였으며 이와 때를 같이하여 1774년 질량보존(물질불멸)의 법칙을 확립하였다.

이렇게 되자 학계에서는 큰 물의가 일어났다. 거의 모든 학자들이 물질이 탈 때 《플로기스톤》을 잃어버리므로 물질이 타기 전보다 탄 다음의것이 가볍다는 설로 모든 현상을 분석하는데 습관되여있었기때문에《플로기스톤》이 존재하지 않는다고 하는 라부아지에의 대담한 생각을 즉시에 받아들일수 없었던것이다. 그러나 라부아지에는 엄연한 사실을 굽힐수 없었으며 여러가지 증거를 내놓아 납득시켰다. 그리하여 18세기말에 100여년을 끌어오던 《플로기스톤》설이 화학계에서 완전히 쫓겨나고 화학이라고 하는 학문이 크게 변하게 되였으며 세계가 어떤 원소로 이루어졌는가를 과학적으로 연구할수 있게 되였다.

라부아지에는 구체적인 원소를 지명하였고 처음으로 원소표를 만들었다. 그는 모든 금속을 원소라고 하고 금속의 찌끼(산화물)를 복합물질이라고 생각하였다. 그리고 쉘레가 이름지은 《불의 공기》를 산소(산을 만든다는 의미)로, 《쓸모없는 공기》를 질소로 이름지었다.(생명이 없다는 뜻으로부터)

당시까지는 물이 그 이상 나눌수 없는 원소로 인정되고있었다. 그러나 1783년에 라부아지에는 물이 원소가 아니라 수소와 산소의 화합물이라는것을 증명하였고 그다음해에는 물을 분해하여 수소와 산소를 만들어 그것을 확증하였다. 라부아지에는 이 세상에 원소가 모두 30개이상이라고 하였고 별의별 물질들이 이 30개의 원소로 이루어졌다고 하였다. 라부아지에는 유기물질의 분석에 대해서도 개척자의 한 사람이였다. 라부아지에는 사람이 숨쉬는것과 불타는 현상이 비슷하다는것을 포착하고 생물체안에서 산화속도를 결정하기 위해 정량적인 실험을 진행하였다. 라부아지에의 학설은 매우 명확하였으며 확고한 실험적기초를 가지고있었다.

라부아지에가 과학앞에 세운 공적은 참으로 크다.

라부아지에는 1770년부터 1800년사이의 화학혁명을 일으킨 선구자라고 할수 있다.

언제나 알고있는것을 토대로 하여 알려지지 않은것을 연구하는것, 실험과 관찰로부터 직접 유도되지 않는 결론을 내리지 않는것을 나는 연구의 근본원칙으로 삼았다.

(라부아지에 안뚜안느)

돌턴(1766-1844)

돌턴은 영국의 화학자이며 물리학자이다.

가정형편이 어려워 고등교육을 받지 못하고 농촌학교에서 11살까지 공부한 다음 교원으로 되였다. 돌턴은 주로 기체에 대하여 연구하였는데 기체의 압축에 의한 발명, 혼합기체의 압력, 기체의 확산, 액체에 의한 기체의 흡수등에 관한 많은 론문을 발표하였다. 그는 1801년에 혼합기체의 전압은 개개의 성분기체가 나타내는 분압의 총합과 같다는 오늘도 《돌턴의 분압법칙》이라고 불리우는 분압법칙을 발견하였다.

처음으로 원소기호에 의한 원자의 표시와 화학식을 도입하였으며 원자론을 창시하였다. 돌턴의 원자설은 그후 베르셀리우스를 비롯한 학자들에 의하여 배수비례의 법칙이 증명됨으로써 근대화학의 리론적기초로 되였다.

그는 근대화학의 문을 연 최초의 화학자의 한 사람으로 인정받았으나 게이-류샤크의 기체반응의 법칙(1806년), 아보가드로의 분자설(1811년)을 인정하지 않았고 베르셀리우스의 원소기호(1814년)를 반대함으로써 근대화학의 발전에 지장을 가져오기도 하였다. 그는 자신이 심한 색맹이였으므로 색맹에 대한 연구를 계속하였고 1794년에 색맹에 관한 론문을 발표하였다. 그후에 색맹을 《돌터니즘》이라고 한것도 그와 관련시켰기때문이다.

아보가드로(1776-1856)

아보가드로는 이딸리아의 물리학자이며 화학자이다.

그는 또리노의 고위관리의 가정에서 출생하였다.

법학을 공부하고 한때 벼슬길에 올랐으나 1800년부터 자체로 수학, 물리학을 공부하여 전기에 대한 연구론문을 발표하였다.

그의 가장 큰 업적은 모든 기체가 같은 온도만큼 올라갈 때 같은 체적만큼 불어난다는 게이-류샤크의 법칙발견에서 자극을 받고 1811년에 같은 온도, 같은 압력에서 같은 체적의 모든 기체는 같은 수의 분자를 포함한다는 법칙(아보가드로의 법칙)을 발견한것이다.

모든 물질에서 원자량(또는 분자량)에 g을 붙인 량속에 들어있는 원자수 또는 분자수는 다 일정하며 이 수값은 그의 이름을 붙여 아보가드로수라고 불렀다.

잡지에 발표된 그의 학설은 당시 학계에서 큰 주목을 끌지 못하였으나 1860년이후에 깐닏짜로를 비롯한 이딸리아학자들의 적극적인 노력에 의하여 그의 업적은 학계의응당한 평가를 받게 되였다.

데이비(1778-1829)

영국의 화학자이다.

17살에 의학공부를 하기 위해 약방의 견습공으로 들어간 그는 화학실험기구를 다루게 되면서 화학실험과 화학지식에 관심을 가졌고 지식을 넓히기 위해 개별지도까지 받았다. 이 과정에 자기가 진행한 실험의 성공과 실패의 원인도 알수 있게 되였고 더욱 자신심을 가지고 약들을 제조하였다. 그는 20살 되는 1798년에 기체연구소의 조수로 들어갔으며 들어온 첫날부터 매일 2시간씩 공부를 하여 화학을 익혔고 침식을 잊어가며 실험에 달라붙었다. 데이비는 여러가지 기체들과 그 혼합물들이 인체에 미치는 작용을 연구하는 일에 몰두하였다. 그는 1799년에 산화이질소기체가 수술용마취제로 된다는것과 기체의 독성을 밝혀냄으로써 영국학계에 널리 알려지게 되였고 23살인 1801년에 런던왕립협회(과학원)의 교수로 되였다. 교수가 된 이후 데이비는 알카리의 대표물질인 가성카리와 가성소다

의 차이점을 밝히는 연구사업을 하는 과정에 칼리움과 나트리움을 발견하였다. 2개의 알카리를 며칠사이에 정복한 30살의 젊은 학자는 나머지 알카리인 소석회 $Ca(OH)_2$을 비롯하여 수산화바리움 $Ba(OH)_2$, 수산화스트론티움 $Sr(OH)_2$, 수산화마그네시움 $Mg(OH)_2$도 자신이 정복하기로 결심하고 실험에 달라붙었다. 그는 유독한 산화수은을 소석회와 함께 백금접시우에 올려놓고 전지와 련결하여 마침내 적은 량의 수은화합물을 얻었고 그것을 가열하여 수은을 증발시켰다. 이렇게 하여 또 하나의 금속인 칼시움을 발견하였다.

그리고 같은 방법으로 바리움, 스트론티움, 마그네시움과 같은 금속을 련이어 발견하였다. 데이비의 대담한 탐구는 한해사이에 이렇듯 고귀한 결과를 낳았다. 또한 그는 붕산에서 붕소를 얻었고 쉘레가 발견한 염소가 화합물이 아니라 단순물이라는것을 확증하였으며 그것이 풀색내굴을 낸다고 《클로로》라고 이름지었다.

데이비는 1812년 자기의 연구성과를 종합적으로 정립한 저서 《화학철학의 기초》를 써서 출판하였다.

데이비의 또 하나의 업적은 사람들에게 무서운 공포와 재난을 가져다주는 갱내가스를 정복한것이였다. 그것은 메탄가스속에서도 폭발을 방지하는 탄부용안전등을 발명한것이다. 이때 영국의 탄부들은 자기들의 생명의 구원자로 데이비를 환영하였다.

자본가들은 이 발명의 특허권을 낼것을 데이비에게 권고하였다. 만일 데이비가 특허권을 낸다면 단번에 백만금을 가지게 될것이였다. 그러나 데이비는 그 권고를 단호히 거절하였다.

그것은 자기가 특허권을 내서 팔게 되면 자본가들은 돈벌이를 위해 자기들만 안전등을 만들어 비싸게 팔아먹게

될것이므로 수천수만의 생명은 오래동안 피해를 입을것이 아닌가. 이렇게 생각하면서 자기의 발명의 비밀을 세상에 공포하였다.

그의 가장 큰 공적은 미래의 학자 파라데이를 찾아낸 것이라고 할수 있다.

베르셀리우스(1779-1848)

스웨리예의 화학자이다.

그가 출생할 당시는 쉘레가 산소를 비롯한 중요한 새 물질을 많이 발견하여 화학의 새 경지를 개척하기 시작하였고 라부아지에가 산소를 중심으로 화학의 새로운 체계를 세운 때였다. 15살부터 가정교사를 하면서 학비를 대였다.

웁쌀라대학 의학부에서 공부하면서 화학을 자습하였다.

그는 놀랄정도의 정열을 가지고 자체의 지식을 쌓아나갔다. 뿐만아니라 여러가지 실험을 계획하고 실패하는 경우가 많았지만 조금도 실망하지 않고 화학연구에 전력하였다.

결과 연구결과가 점차 완성되고 연구범위도 넓혀졌다. 그는 여러 대학의 교수를 겸하면서 연구사업을 하였다. 초인간적인 정열을 가지고 많은 화합물을 분석하고 그 조성을 결정하였으며 원자설을 확립하고 발전시키는데 크게 기여하였다. 그리고 화학과 광물학을 련결시키는데서 중요한 역할을 수행하였다. 광물을 분석하고 그것의 화학성분과 구조를 밝혔으며 화학에 기초를 둔 옳은 분류법을 광물학에 도입하여 광물학의 장래발전의 기초를 마련하였다.

또한 새로운 원소를 발견하였다. 산화물로만 알려지고 있던 규소와 지르코니움, 티탄을 처음으로 단순물로 분리하는데 성공하였고 세리움, 셀렌을 발견하였다.

유기화학분야의 발전에도 크게 기여하였다.

많은 유기화합물에 관한 분석을 통하여 배수비례의 법

칙이 자연의 법칙이라는것을 증명하였다.

그의 이름이 후세에 널리 알려지게 된것은 화학기호법 및 화학식과 같은 화학표기법을 제안한것과도 관련된다.

그가 진행한 모든 실험은 불비한 실험실조건에서 진행되였다. 그의 실험실에는 물도 나오지 않았고 가스등도 없었다. 그러다나니 물질을 려과하고 끓이고 증발시키는 모든 조작을 부엌에서 하는 경우가 많았다.

비상한 정열을 지닌 그는 이러한 조건에서도 수많은 화합물을 분석하여 원자량을 결정하였으며 새 원소도 발견하였다.

베르셀리우스는 또한 훌륭한 교육자로서 화학의 대가들을 많이 양성하였다.

파라데이(패러디)(1791-1867)

영국의 물리학자이며 화학자인 그는 가난한 야장쟁이 집에서 태여나 13살부터 제착공으로 일하였다. 그는 고된 로동속에서도 책을 탐독하는 일만은 미루지 않았다.

화학자 데이비의 과학강연을 듣고 화학을 연구할 열렬한 지망을 품게 되였으며 마침내 그의 조수로 되였다.

과학활동의 초기에는 벤졸, 나프탈린, 술폰산을 발견하는 연구사업을 하였고 이어 물리적현상을 연구하는데 몰두하였다. 이런 과정에 염소기체, 탄산가스, 암모니아의 액화를 실현하였으며 전자기유도현상을 발견하였다. 이어 전기분해에 관한 새로운 법칙을 발견하였다.

그는 전해질속에서 전류현상에 대한 수많은 실험을 반복하면서 전극에 물질이 석출되는 과정을 관찰하였다. 그 과정에는 전기분해를 통하여 얻어지는 물질의 량은 1) 용액에 통과시킨 전기량에 비례하며(제1법칙) 2) 생긴 물질의 화학당량에 비례한다는 법칙(제2법칙)을 발견하여 물

질의 성질을 연구하는 리론분야와 금속의 정련과 도금기술과 같은 기술분야의 발전에 큰 기여를 하였다. 그리고 전해질, 이온의 개념을 처음으로 내놓고 도입하였다.

이외에도 진공방전의 연구, 파라데이효과의 발견, 반자성물질의 발견 등 과학발전에 커다란 업적을 남겨놓았다.

그는 과학지식을 보급하는 사업에도 관심을 돌리였으며 69살 때 소년들앞에서《초불의 과학》이라는 강연도 하였다.

파라데이는 학교문전에도 가보지 못한 사람이다.

그는 일하면서 꾸준히 학습하였다. 파라데이는 자체로 학습하면서 과학적으로 중요한 내용과 실험내용을 다 적어두었고 과학강연에 빠짐없이 참가하여 강연내용을 적는것은 물론 실험장치도 그려넣었다.

파라데이는 학자가 된 후에도 자기가 연구한 모든것을 어릴 때의 그 버릇대로 실험노트에 하나하나 다 적어두었다.

실패한 실험이며 그 원인이 무엇이였는가에 대한 자기의 견해까지 다 적어놓았는데 후에 그의 실험노트는《전기의 실험적연구》라는 표제를 달고 3권의 책으로 출판되였다.

이 책은 에디슨을 비롯하여 후세에 많은 화학자들과 발명가들속에서 애독되였으며 에디슨은 파레데이의 이 저서에서 자기의 발명의 첫 싹이 움텄다고 말하였다.

리비히(1803-1873)

리비히는 유기화학발전에 커다란 공헌을 한 도이췰란드의 화학자이다.

그는 어릴 때부터 화학에 남다른 취미를 가지고 집에다 화학실험실을 꾸려놓고 실험을 하는 한편 유명한 화학자들이 쓴 화학책들을 즐겨 읽었다. 그는 프랑스에서 대학을 다니면서 과학탐구에 모든 정열을 쏟아부었다.

대학을 마치고 게이-류샤크의 연구실에 들어간 그는 먼저 어릴적에 그의 마음을 사로잡았던 뢰홍($Hg(ONC)_2$)에 대한 연구부터 시작하였다.

여기서 그는 뢰홍이 시안산염과 조성이 같은 분자이지만 그 결합상태가 다르기때문에 물리화학적성질이 다른 이성체라는것을 처음으로 밝혔다.(1826년)

이것은 학계에 큰 반향을 일으켰고 화학자 리비히의 이름이 널리 알려지게 되였다.

귀국하여 대학에 있으면서 화학에 대하여 인식이 부족한 사람들에게 화학을 연구하는데서 가장 중요한것이 실험이라고 말하면서 대학에 화학실험실을 꾸려야 한다고 주장하였다.

과학이 뒤떨어졌던 도이췰란드에서 화학실험실을 꾸린다는것은 어려운 일이였다.

발전했다고 하던 영국이나 프랑스에서조차 대학들에 화학실험실이 없었다.

리비히의 또 다른 하나의 공적은 수많은 화학자들을 키워낸것이다.

그는 화학의 장래발전을 위한 훌륭한 화학자들을 키워내기 위하여 정열적이며 인내성있는 노력으로 화학실험소를 꾸려놓았다.

한편 뢰산과 시안산에 대한 연구에 이어 리비히의 관심은 유기화합물에 돌려졌다.

그의 첫째가는 공적은 6년간의 고심어린 연구끝에 내놓은 유기분석법이다.

1831년에 유기화합물의 기본성분인 탄소와 수소, 산소, 질소와 같은 원소들을 누구나 쉽게 분석할수 있는 새로운 분석방법을 찾아냈으며 이 과정에 유기화합물을 하나의 체계로 분류하는데 성공하였다.

리비히는 유기화합물의 반응은 무기화합물과 달리 몇개의 원자가 모여 이루어진 라디칼의 반응이라는것을 밝히고 여기로부터 유기화학이란 다름아닌《라디칼의 화학》이라고 정의하였다.

이때로부터 유기화학은 무기화학과 갈라져서 하나의 독자적인 학문을 이루고 자기 발전의 길을 걷게 되였다.

그는 또한 실험장치를 개선하는데서 큰 역할을 놀았는데 그가 창안한 랭각기를 지금도《리비히랭각기》라고 한다.

그는 화학을 발전시키기 위해 처음으로 화학부문의 학술잡지를 발행하였다.

리비히는 일단 어떤 문제의 연구에 달라붙으면 그 결과가 나올 때까지 끝까지 파고드는 정열가였다. 그는 과학이 몇몇 사람들의 독점물로 되여서는 안되며 많은 사람들이 탐구할수 있는것으로, 사회와 인간에게 기여하는것으로 되여야 한다고 주장하면서 그 길에서 한생을 바친 사람이였다.

노벨(1833-1896)

스웨리예의 화학자, 폭약발명가인 노벨은 1833년 10월 22일 스웨리예의 스톡홀름에서 태여났다. 어려서부터 그는 공부하기를 몹시 좋아하였다.

그는 소학교에 입학할 때 어머니에게 열심히 공부하여 1등을 하겠다고 약속한대로 단연 1등의 메달을 타오군하였다.

1850년-1852년사이에 노벨은 도이췰란드, 프랑스, 이딸리아, 미국 등지를 려행하면서 화학지식을 넓혀나갔다. 1863년에 노벨은 니트로글리세린의 폭파용기폭제(뢰산수은)를 발명하였다. 1866년에 니트로글리세린을 규조토에 흡착시켜 안전하면서도 폭발성이 큰 새로운 폭약을 만들고 그 이름을 《다이나마이트》라고 하였다.

1875년에는 니트로글리세린과 니트로섬유소의 교질용액을 섞으면 단묵모양의 폭발성젤라틴이 된다는것을 발견하고 그 이름을 겔리그나이트라고 하였다.

1877년에는 니트로글리세린의 흡수제로 질산칼시움, 질산나트리움, 질산암모니움 등과 나무가루의 혼합물을 리용한 활성다이나마이트를 발명하였다.

노벨일가는 그후에도 흑색화약에 대한 연구를 진행하여 1887년에는 연기가 거의 나지 않는 발리스타이트라는 폭약을 발견하였다.

노벨은 발명가로서 폭약뿐아니라 전기화학, 광학, 생물학, 생리학 등도 연구하였다.

노벨은 129개의 특허를 받고 세계 각지에 15개의 폭약공장을 경영하여 막대한 유산을 얻었다. 노벨은 자신의 유산을 과학의 발전과 세계평화를 위하여 써줄데 대한 유언을 남기였다. 이 유언에 따라 1901년부터 노벨상이 제정되였다.

노벨상은 물리학상, 화학상, 생물 및 의학상, 문학상, 평화상으로 되여있는데 금메달의 한 면에는 노벨의 초상이 새겨져있고 뒤 면에는 수상자가 공헌한 분야를 상징하는 모형이 조각되여있다.

멘델레예브(1834-1907)

드미뜨리 이와노비치 멘델레예브는 1834년 1월 27일 씨비리 또뽈스크중학교 교장의 아들로 태여났다.

그는 어릴 때부터 기억력이 좋고 총명할뿐아니라 례의도덕이 밝아 동네사람들속에서 칭찬이 자자하였다.

어린시절을 어머니가 일하는 유리공장에서 지내면서 하나를 알아도 정확히 왜 그렇게 되는가 하면서 유리가 나오는 과정을 리해하였다.

중학시절에 그는 자연의 비밀을 밝혀낸 자연과학자들

을 몹시 존경하였다.

그는 화학을 전공하면서 수학과 력학과의 관계에서 화학적현상을 리해하며 설명하려고 노력하였다.

그는 23살에 학위론문을 통과시키고 25년동안 뻬쩨르부르그종합대학 화학교원으로, 부교수, 교수로 있었다.

화학강의를 수학, 물리학, 광물학, 지리학 등 모든 지식을 련관시켜서 폭넓게 하면서 학생들로 하여금 과학을 사랑하도록 하는데 힘을 넣었다.

젊은 학자는 밤이 깊도록 연구사업을 계속 하였고 유명한 《화학의 기본》이라는 책을 집필하였다.

그는 원소들이 고립된것이 아니고 어떤 일정한 합법칙성으로 호상 련관되여있으리라는 생각을 가지고 깊이 연구하였다. 이 과정에 그는 당시에 가장 발전된 화학원소주기표를 발표할수 있었다.(1869년 2월)

그는 1869년, 1870년, 1871년에 주기표에 대한 새로운 론문을 발표하면서 완성시켰고 앞으로 발견될 새 원소들에 대하여 자세히 예언하였다.

당시 학계에서는 이것을 인정하지 않았다.

그후에 학자들에 의하여 그가 예언한 새 원소 즉 에까알루미니움(갈리움), 에까붕소(스칸디움), 에까규소(게르마니움)가 발견되였고 그 성질이 멘델레예브의 예언과 일치하다는것을 알고는 멘델레예브의 공적을 의심하지 않았다.

그후에 주기법칙이 계속 발전공고화되고 새로운 자료들이 보충되였다. 그는 림계현상을 연구하고 용매화리론을 내놓았다. 또한 석유형성과정에 관한 리론을 내놓고 석탄가스화문제도 제기하였다. 이처럼 주기법칙의 창조자 멘델레예브는 일생동안 491건의 과학연구사업을 하였으며 저서와 론문만 해도 400건과 500페지가 넘는 유기화학교과서들을 집필하여 발표하였다. 하여 사람들이 그를 《천재》

라고 불렀지만 그는 그것을 좋아하지 않았다.

그는 사람들에게 《천재란 어떤것입니까? 전생애를 노력하는데 천재가 있는것입니다.》라는 말을 남기였다.

르 샤떌리에(1850-1936)

르 샤뗼리에는 프랑스의 화학자이다.

빠리에서 출생한 그는 기술학교, 광산학교를 졸업하고 기사로 일하다가 광산학교의 일반화학과 무기화학공업과목을 강의하였고 1898년에 프랑스대학의 무기화학교수로, 빠리대학의 일반화학교수로 되여 1926년까지 일하였다.

그는 굴베르와 워게가 내놓은 화학평형에 대하여 발전시켰다.

그리고 고온화학에 공헌하였고 요업에 대한 연구도 하여 이 분야의 론문도 발표하였다.

굴베르와 워게의 화학평형은 외부조건이 변하지 않을때에 적용되는것이다. 그런데 화학생산과 현실은 외부조건이 고정불변한것만을 요구하지 않는다. 그리하여 당시 화학자들은 외부조건이 변할 때 평형계는 어떤 영향을 받으며 어느 방향으로 평형이 옮겨지겠는가 하는 문제에 연구를 집중시켰다. 이때 르 샤뗼리에도 이 연구에 달라붙었다.

그는 어느날 책상우에 놓여있는 오뚜기를 가지고 휴식을 하고있었다. 오뚜기에 힘을 주어 앞뒤로 혹은 좌우로 흔들거리게 하였다.

그러자 좌우로 한참동안 흔들거리던 오뚜기가 다시 다쳐놓지 않으면 흔들거리는 속도가 떠지면서 한자리에 멎어버리는것이였다.

몇번 이런 동작을 반복하던 그는 생각에 잠겼다. 지금 내가 갓난애기가 되였는가? 나는 과학자이다. 그렇다면 오뚜기의 움직임에 장난으로 대할수야 없지! 이렇게 생각한 그는 오뚜기의 움직임을 과학자의 눈길로 주의깊게 들

여다보면서 깊은 생각에 잠겼다.

《흔들거리던 오뚜기는 처음에 놓여있던 그 자리에 멎어버린것이 아니라 약간 자리를 이동하여 멎어버린것이다. 하다면 화학평형계와 오뚜기의 움직임이 어떤 련관이 있지 않겠는가?》 하는 착상의 실머리를 찾은 그는 연구를 심화시켜 1884년에 평형상태에 있는 반응계라고 하더라도 외부조건이 변하면 평형계는 그 조건의 영향을 받아 파괴되여 그 조건에 알맞는 새로운 평형상태에 이르게 된다는것 즉 화학평형이 이동한다는 원리를 발견하였다.

이 원리가 화학평형에 대한 르 샤뗄리예원리이다.

무아쌍(1852-1907)

무아쌍은 프랑스의 화학자이다.

그는 12살 때 마을의 학교에서 배웠고 그후 18살부터 빠리의 어느 한 약국에서 견습공으로 일하였다.

자연사박물관에서 일하는 프레미한테서 화학을 배웠다. 28살 때 박사칭호를 받으면서 고등약학교 강사로 되였다.

당시 화학계에서는 유기화학이 전성기였으나 그가 선정한 길은 무기화학이였다.

철족원소의 산화물과 발화합금, 1884년에 불소에 관한 연구를 시작하여 1886년에는 도저히 불가능하다고 하던 순수한 불소를 분리하는데 성공하였고 그 성질과 반응성을 연구하였다.

이어 금강석을 인공적으로 만들어낼것을 결심하고 전기로를 만들어냈으며 인공합성에 성공하였다.

전기로기술의 응용과 관련하여 흑연에 대한 연구를 진행하였고 더 발전시켜 탄화물, 규화물, 붕화물을 비롯하여 풀리기 어려운 화합물과 내화물에 대하여 연구하였다.

그는 기발한 착상과 기묘한 실험기초로 고전무기화학

의 실험연구의 본보기를 창조하였으며 새로운 무기화학령역을 개척하고 고온화학과 건열화학공업의 기초를 마련해놓았다.

피쉐르(1852-1919)

도이췰란드 화학자인 피쉐르는 1852년 10월 9일 상인의 아들로 태여났다.

그는 두뇌가 비상하고 어려서부터 수학과 물리학을 좋아했다.

중학교를 졸업한 다음 상인으로서의 대를 잇게 하려는 아버지의 요구로 하여 목재상의 집에서 상업을 위한 견습을 하게 되였다.

피쉐르는 몰래 화학책들과 실험장치들을 사들여 상점안에 실험실을 꾸리고 여러가지 화학실험을 시작하였다.

그는 19살 때 그래도 화학이 실용적인 학문이라고 생각하고 아버지로부터 화학공부를 할수 있게 허락을 받아 본대학에서 화학을 배우게 되였다.

22살에 대학을 졸업하고 프탈레인색소에 대해 연구하여 학위를 받은 후 페닐히드라진을 얻는 반응을 발견하고 그것을 당류의 연구에 응용하여 글루코즈의 립체구조를 확정하였다.

1875년부터 조교수를 거쳐 여러 대학에서 화학교수로 근무하였다.

피쉐르의 일생은 연구사의 일생으로서 그의 모든 시간은 화학연구에 바쳐졌다. 그후 당류분해효소와 당의 구조와의 관계를 밝히고 1886년에는 인돌유도체를 합성하여 바이에르가 제기한 인디고의 구조를 확증하였다. 또한 푸린유도체의 구조연구에서도 큰 업적을 남기였다.

단백질을 물분해하여 10여종의 아미노산을 발견하였

고 많은 폴리펩티드를 합성하여 그 구조를 확인하였다.

이밖에도 그는 바르비탈을 비롯한 수면제를 합성하였으며 이끼류의 화학성분에 대한 연구를 하였고 탄닌에 대해서도 연구하였다. 그가 발표한 과학론문은 수백건에 이르며 유기화학과 나아가서 생화학의 발전에 커다란 공헌을 하였다.

그는 1902년에 당류 및 푸린의 합성에 대한 연구업적으로 노벨화학상을 받았다.

반뜨 호프(1852-1911)

반뜨 호프는 네데를란드의 화학자이다.

의사의 가정에서 태여나서 어려서부터 수학에 뛰여난 재능을 가졌으나 학교에서 자연과학실험을 한 다음부터 마음이 그쪽으로 쏠리여 집에서도 여러가지 실험을 하였고 때로는 학교에 나가 혼자서 실험을 해보군 하였다.

아버지는 그에게 법률을 가르치려고 하였으나 반뜨 호프는 자연과학자가 될것을 꿈꾸고 17살 때에 공업학교에 입학하여 3년제를 2년동안에 마치고 도이췰란드의 본대학에서 케쿨레에게서 배웠다.

1864년에 네데를란드에 돌아와 론문 《공간적으로 본 분자의 구조》를 발표하여 립체화학설과 함께 그의 이름이 유명해지게 되였다.

그는 1877년에 암스테르담대학의 교수로 18년동안 근무하였다. 반뜨 호프는 비대칭탄소리론을 확립하고 이 경우에 광학활성을 가진다고 제기하고 알려진 13개의 광학활성체에 대하여 증명하였다.

또한 탄소의 정4면체설에 기초하여 시스, 트란스이성체를 설명하였다.

반뜨 호프는 화학친화력을 열력학적으로 밝히고 수학

적방법으로 화학평형을 연구하여 화학반응을 리론적으로 취급할수 있게 하였다.

그는 반응속도는 분자들사이의 충돌회수에 비례하며 충돌회수는 온도에 비례한다고 가정하고 반응속도리론을 세웠다. 또한 1884년에는《화학력학의 연구》에서 반응의 차수를 처음으로 규정하고 온도가 10℃씩 올라갈 때마다 반응속도가 2~3배 빨라진다는것을 밝혔다. 1885년에 《묽은 용액에 대한 론문》을 발표하였으며 삼투압리론과 수용액리론을 비롯한 물리화학발전에 크게 기여하였다.

그는 1901년 첫 노벨상수상자였다.

<u>오스트왈드</u>(1853-1932)

도이췰란드의 화학자인 오스트왈드는 라뜨비야의 리가에서 태여났다. 에스또니야에 있는 돌보르대학에서 배웠고 거기서 학위를 받았다. 1875년 대학졸업후 조수로 있다가 리가대학의 교수로 부임되였다.

여기서 산의 친화력상수에 대한 실험을 하여 이름이 널리 알려지게 되였다.

1887년에 라이프찌히대학에 옮겨간 후 아레니우스, 반뜨 호프와 함께 과학계의 중심이 되여 물리화학연구에 전심하였다.

그는 우수한 실험가로서 열화학, 빛화학, 염류의 전기전도도, 접촉작용 등에 관한 중요한 연구를 진행하였고 《에네르기론》을 제기하였다.

1888년에 산이나 알카리의 해리평형에 질량작용의 법칙을 적용하여 희석법칙을 유도하였다.

이 법칙은 대다수의 약한 산 및 약한 염기에 잘 들어맞았다. 1891년에 처음으로 지시약에 관한 리론을 제기하였으며 1894년에는 촉매에 관한 리론을 세웠다.

오스트왈드는 유능한 문필가로서 화학잡지, 화학원리, 무기화학, 분석화학, 화학문답과 같은 교재집필을 하였고 물리화학잡지를 발간하였다.

그리고 화학총론교과서 1권과 2권을 출판하였다.

오스트왈드는 우수한 교수였으며 화학교육의 방법개선을 중심으로 하는 학계개혁을 주장하기도 하였다.

또한 여러 나라의 수많은 학자들을 키워냈다.

그는 중요한 리론들을 내놓음으로써 화학의 발전에 새로운 기여를 하였다.

마리 큐리(1867-1934)

뽈스까출신의 프랑스 물리학자, 화학자인 마리 큐리는 와르샤와에서 교육자가정의 막내딸로 출생하였다. 어려서 어머니를 잃고 경제적으로 유족하지 못하여 중학교를 졸업하고 가정교사로 일하였다.

1891년 빠리의 소르본느대학에 들어가 물리학과 수학을 공부하였다.

1894년에 대학을 졸업하고 리쁘만의 연구실에서 일하던 시기에 삐에르 큐리와 1895년에 결혼하였다.

그들부부는 베크렐(프, 1852-1908)의 우라니움방사능발견에서 큰 자극을 받고 방사성물질에 대한 연구를 시작하였다. 남편이 개발한 감도높은 전류계를 리용하여 물질의 약한 방사능을 측정하면서 우라니움외에 토리움도 방사능을 가진다는것을 발견하였다. 1898년에 2종의 새로운 방사성원소 폴로니움과 라디움을 발견하고 그후 고심어린 노력끝에 8t의 력청우라니움광에서 1g의 라디움을 분리하는데 성공하였으며 라디움의 원자량을 결정하였다.

이러한 공로로하여 1903년 그들 부부는 베크렐과 함

께 노벨물리학상을 받았다. 1906년 남편이 죽은 후 소르본느대학의 첫 녀성물리학교수로 되였다.(1908년)

그는 그후 라디움의 분리와 정제에 힘을 넣어 1910년에 순수한 염화라디움 22mg을 빠리국제계량국에 제출하였는데 이것이 후에 라디움의 국제표준으로 되였다. 1911년에 폴로니움과 라디움의 발견으로 인한 화학에서의 공헌과 라디움과 그 화합물에 대한 연구성과로 하여 노벨화학상을 받았다. 그는 1914년 빠리에 라디움연구소가 새로 건립되였을 때 그 연구소의 방사능연구실장으로 되였다.

제1차 세계대전시기에는 딸과 함께 병원차를 끌고 전선에 나가 부상병치료를 하였고 1922년에는 국제지적협력위원회 위원으로 선출되였다.

> **사람들이 발견하고 정복한 자연의 힘을 제멋대로 소멸하게 해서는 안된다.**
>
> (프레데리크 쥴리오 퀴리)

리승기(1905-1996)

리승기박사는 1905년 10월 1일 전라남도 담양군의 농민가정에서 태여났다.

그는 우리 민족을 위한 학문을 연구할 지향을 품고 일본에 건너가 1931년에 대학을 졸업하고 과학연구에 심혈을 기울였다. 드디여 1939년 새로운 합성섬유비날론을 발명하였다. 그러나 은을 내지 못했다.

그후 그는 일제의 군수생산과 관련한 연구를 거부한 죄로 체포구금되여 감방에서 해방의 날을 맞았다.

남조선에 돌아온 리승기박사는 경성대학 리공학부 교

수, 서울대학교 공과대학교수, 학장을 력임하면서 민족교육과 과학발전을 위해 노력하였으나 미제와 남조선괴뢰도당의 탄압으로 뜻을 이룰수 없었다.

그의 재능과 뜻은 위대한 수령님의 품에 안겨서야 꽃펴나게 되였다.

위대한 수령님의 따뜻한 보살핌속에 그는 조국해방전쟁시기에도 평안북도 청수에서 연구사업을 계속하였으며 주체적인 비날론공업을 창설하기 위한 과학적토대를 마련하는데 크게 이바지하였다.

리승기박사는 1961년 2월부터 1996년 2월 8일 생의 마지막날까지 과학원 함흥분원 원장으로 사업하면서 나라의 과학기술발전에 커다란 공헌을 하였으며 많은 과학후비를 양성하고 《비날론》, 《비날론론문집》을 비롯한 가치있는 저술사업도 하였다.

그는 로력영웅, **김일성**상계관인, 인민과학자였다. 또한 원사, 교수, 박사였으며 다른 나라의 명예원사, 명예교수이기도 하였다.

마형옥(1917-1993)

화학자. 1917년 4월 6일 함경북도 김책시의 농민가정에서 출생하였다.

주체31(1942)년에 다른 나라에서 대학을 졸업한 후 대학연구생으로 있었으며 1945년부터 1950년 7월까지 서울대학교에서 교원생활을 하였다. 그는 조국해방전쟁시기 서울이 해방된 후 위대한 수령님의 믿음과 배려에 의하여 공화국북반부에 들어와 우리 당의 따사로운 품에 안기면서부터 비로소 참다운 과학연구사업을 할수 있었다.

그는 1950년 8월부터 길주팔프공장에서 기술부문사업을 지도하였으며 경공업성 중앙연구소 소장, 경공업위원회

참사로 있었다. 1963년부터 1985년까지 과학원 화학섬유연구소 소장사업을 하였다. 그후에는 이곳 연구소 고문소장으로 있었다.

위대한 수령님께서는 1954년 7월 길주팔프공장에 찾아오시여 마형옥과학자에게 우리 나라에는 백양나무처럼 빨리 자라는 넓은잎나무와 갈이 많은데 그것을 효과적으로 리용하기 위한 연구사업을 할데 대하여 뜨겁게 말씀하시였다.

위대한 수령님께서는 전후의 그 어려운 조건에서도 이 연구사업에 필요한 실험기구와 시약들을 비행기로 몸소 보내주시고 제기되는 문제들을 하나하나 풀어주시였다.

위대한 수령님께서는 무성한 잡초밭의 아침이슬을 맞으시며 갈을 기본원료로 하는 화학섬유공장의 터전을 잡아주시고 풍랑사나운 서해의 배길을 헤치시며 믿음직한 원료기지도 잡아주시였다. 뿐만아니라 과학자의 연구사업정형을 몸소 구체적으로 료해하시고 갈에서 섬유를 뽑는것을 의심하지 않는다고, 신심이 있다고 고무해주시였다.

위대한 수령님의 크나큰 믿음과 은정속에서 마형옥과학자는 드디여 1961년 서해안의 풍부한 갈을 원료로 하여 인견팔프를 만들어내는데 성공함으로써 세계에서 처음으로 갈섬유생산을 공업화하였다.

그리하여 연산 2만톤능력의 신의주화학섬유공장을 건설하는데 크게 기여하였으며 많은 학위학직소유자와 유능한 연구사들을 키워냈다.

그는《갈화학섬유》(연구론문집)를 비롯한 여러권의 저작들과 가치있는 과학론문들을 집필하였다.

그는 로력영웅(1964년), **김일성**상계관인(1972년), 박사(1964년)였으며 위대한 수령님의 표창장(1955년), 국가훈장 제1급을 비롯한 많은 훈장과 메달을 받았다.

제2장. 화학원소이름의 유래와 발견년대표

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
1	수소	1766	(영국) 캐븐디쉬	H	《물을 만든다.》는 뜻을 가진 그리스어 《휴도르겐나오》로부터 라틴어이름 《히드로게니움》이 나왔다. 원소기호 H는 여기에서 땄다.(《휴도르》는 《물》을 의미하며 《겐나오》는 《낳는다.》는 뜻이다.) 《수소》라는 한자이름은 《물을 만드는 원소》라는 뜻을 담고있다.
2	헬리움	1868	(프랑스) 쟝쌍, (영국) 록키여	He	태양스펙트르선에서 발견되였기때문에 《태양》이라는 그리스어 《헬리오스》로부터 이름지었다.
3	리티움	1817	(스웨리예) 아르페드손	Li	암석에서 발견되였기때문에 《돌》이라는 그리스어 《리토스》로부터 이름지었다.
4	베릴리움	1798	(프랑스) 보끌랭	Be	록주석을 분석하는 과정에 발견되였기때문에《록주석》이라는 그리스어 《베릴로스》로부터 이름지었다.

번호	원소 이름	발견 년도	발견자	원소 기호	이름의 유래
5	붕소	1808	(프랑스) 게이-류샤크, 떼나르	B	페르샤어로 붕소를《보라흐》라고 부른다. 이로부터《보리움》이라는 라틴어이름이 나왔다.
6	탄소	18세기 전반기	고대로부터 알려졌다.	C	탄소의 라틴어이름 《카르보니움》은 《목탄》이라는 《카르보》에서 나왔고《카르보》는 싼스크리트어《불탄다.》의 《카르》에서 나왔다.
7	질소	1772	(영국) 라더퍼드	N	《생명을 돕지 않는다.》는 뜻으로부터 《반대》라는 그리스어《아》와《생명》이라는 《조에》를 붙여 《아조트》라고 부르기로 하였다. 지금의 라틴어이름 《니트로게니움》은 질소의 원천인《질석》이라는 《니트론》과 《낳다》라는 《겐나오》를 합쳐 부른것이다.
8	산소	1769 ~1770	(영국) 프리스틀리 (스웨리예) 쉘레	O	라틴어의《산을 만든다.》는 뜻에서 《옥시게니움》이라는 이름이 나왔다. 그리스어로《산》을《옥슈스》라고 한다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
9	불소	1886	(프랑스) 무아쌍	F	라틴어이름《플루오륨》은《흐른다.》라는《플루오레스》에서 나왔다. 중세기 야금공들이 형석(CaF_2)을 써서 광석을 쉽게 녹도록 한데서 유래되였다. 로어이름 《프또로》는 그리스어로 《파괴자》라는 《프또리오스》에서 나왔다.
10	네온	1898	(영국) 램지, 트래버스	Ne	《새로운》이라는 그리스어《네오스》에서 나왔다.
11	나트리움	1807	(영국) 데이비	Na	소다를 얻는《바다풀의 재》의 이름《나트론》에서 나왔다. 영어와 프랑스어로는《소디움》이라고 한다.
12	마그네시움	1808	(영국) 데이비	Mg	그리스의 도시 마그네시아부근에서 나는 돌(산화마그네시움)에서 얻은 금속이라는데로부터 이름지었다.
13	알루미니움	1825	(단마르크) 외르스테드	Al	명반으로부터 유래되였다.
14	규소	고대		Si	라틴어이름 《씰리시움》은 《부시돌》이라는 《씰렉스》에서 유래되였다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
15	린	1669	(도이췰란드) 브란드	P	라틴어이름 《포스포루스》는 그리스어의 《빛》이라는 《포스》와 《가지다, 담다》라는《페로》를 합친데서 유래되였다. 즉 《빛을 내는 원소》라는 뜻이다.
16	류황	고대		S	라틴어이름《술뚜르》는 고대인디아어 《쎄라》 또는 《씨라》에서 나왔다. 이것은 《황색》이라는 말이다.
17	염소	1774	(스웨리예) 쉘레	Cl	라틴어이름 《클로륨》은 《노란풀색》이라는 그리스어 《클로린》에서 나왔다.
18	아르곤	1894	(영국) 램지, 레일리	Ar	《활성이 없다.》라는 그리스어 《아르고스》로부터 나왔다.
19	칼리움	1807	(영국) 데이비	K	《재》, 《재물》이라는 아랍어《알카리》에서 유래되였다. 영어와 프랑스어로는 《포타시움》이라고 한다.
20	칼시움	1808	(영국) 데이비	Ca	라틴어의 《칼쿠스》에서 나왔다. 이것은 《석회석》 또는《연한 돌》이라는 말이다.
21	스칸디움	1879	(스웨리예) 닐쏜	Sc	스칸디나비아반도를 기념하여 이름지었다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
22	티탄	1789	(영국) 그레고르	Ti	그리스신화에 나오는 신의 이름 《티탄》에서 유래되였다. (신《티탄》은 굴할줄 모르며 완강한 정신과 지혜와 재능을 가지고 진리를 위하여 용감하게 싸우는 투사의 상징이다. 이 원소의 산화물에서의 화학결합의 세기가 보통이 아니라는데로부터 《티탄》신에 비유하였다.)
23	바나디움	1830	(스웨리예) 세프스트룀	V	고대스칸디나비아신화에 나오는 《아름다운 녀신》의 이름《바나디스》에서 유래되였다. 이 원소의 화합물들이 여러가지 아름다운 색을 가진다는데로부터 이름지어졌다.
24	크롬	1797	(프랑스) 보끌랭	Cr	이 원소의 화합물들이 여러가지 색을 가지기때문에 《색》, 《물감》이라는 그리스어 《크로모스》로부터 라틴어이름 《크로미움》이 나왔다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
25	망간	1774	(스웨리예) 쉘레, 간	Mn	연망간광으로부터 유리상태의 망간을 얻어내였다. 처음에는 《망가네시움》이라고 불렀는데 1808년에 새로 얻어진 마그네시움과 혼돈되기 쉬우므로 그후 라틴어로 《망가니움》이라고 불렀다. 《망간》은 도이췰란드어이름이다.
26	철	고대		Fe	원소기호는 철의 라틴어이름 《펠리움》에서 따온것이다.
27	코발트	1735	(스웨리예) 브란드	Co	처음에는 도이췰란드어의 《지하의 악한 혼》, 《도깨비》라는 말그대로 《코볼트》라고 불렀다. 그것은 그 광물이 다른 금속광물과 비슷하나 보통의 가공방법으로는 금속이 얻어지지 않았으므로 광부들과 야금업자들을 조롱하는 귀신의 방해로 그 까닭을 설명하였기때문이였다. 후에 《코발트》라고 고쳐불렀다.
28	니켈	1751	(스웨리예) 크론슈타트	Ni	《가짜동》이라는 도이췰란드어 《꾸페르니켈》에서 나온 이름이다. 여기서 《니켈》은 《거짓》 또

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
					는《무의미》라는 말이다. 《악질》, 《파괴한다.》는 뜻도 있다. 이 이름은 귀신의 이름 《니크》로부터 나왔다고도 한다.
29	동	고대		Cu	고대 로마사람들이 지중해에 있는 끼쁘로스섬에서 동광석을 캐내여 썼다는데로부터 라틴어이름 《꾸쁘룸》이 나왔다. 《동》이라는 한자이름은 《금과 같다.》는 뜻을 담고있다.
30	아연	1746	(도이췰란드) 마르그라프	Zn	원소기호는 라틴어이름 《진큠》에서 따온것이다.
31	갈리움	1875	(프랑스) 부아보드랑	Ga	발견자가 자기 조국 프랑스를 기념하여 이름지었다. 라틴어로 프랑스를 《갈리아》라고 한다.
32	게르마니움	1886	(도이췰란드) 윙클레르	Ge	발견자가 자기 조국 도이췰란드를 기념하여 이름지었다. 라틴어로 도이췰란드를 《게르마니아》라고 한다.
33	비소	1250		As	예로부터 그리스사람들은 비소를《용감한것》,《강한것》의 상징으로 삼았다. 이로부터 라틴어이름 《아르세니큠》이 나왔다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
34	셀렌	1817	(스웨리예) 베르셀리우스	Se	지구와 달이 언제나 같이 있는것과 마찬가지로 지구라는 그리스어이름을 가진 《텔루르》원소에 늘 따라다니는 원소라고 하여 《달》이라는 그리스어《셀렌》으로 이름지었다.
35	브롬	1826	(프랑스) 발라르	Br	역한 자극성냄새를 가지기때문에 《역한 냄새》라는 그리스어 《브로모스》로부터 이름지었다.
36	크립톤	1898	(영국) 램지, 트래버스	Kr	이 원소는 공기 $1m^3$에 겨우 $1cm^3$ 들어있다. 《숨어있는자》라는 뜻을 가진 그리스어 《크립토스》로부터 이름지었다.
37	루비디움	1861	(도이췰란드) 분젠, 키르흐호프	Rb	붉은보석 《루비》와 같은 색을 가지므로 《검붉은색》이라는 라틴어 《루비도스》로부터 이름지었다. (스펙트르선의 색이다.)
38	스트론티움	1787	(영국) 크로포드	Sr	스트론쉔마을가까이에서 나는 광물 《스트론티아》에서 발견되였다는데서 이름지어졌다.
39	이트리움	1794	(핀란드) 가돌린	Y	스웨리예의 작은 도시 이테르비드가까이에서 얻어

번호	원소 이름	발견 년도	발견자	원소 기호	이름의 유래
					진 《이테르비드》(후에 가돌리니트라고 부름)광석에서 발견되였다는데서 이름지어졌다.
40	지르코니움	1789	(도이췰란드) 클라프로트	Zr	《 보석 》 이라는 아랍어 《제로크》로부터 유래된 이름을 가진 《지르콘》광석에서 발견되였다는데서 이름지었다.
41	니오비움	1801	(영국) 하체트	Nb	탄탈과의 혼합물에서 갈라내였기때문에 그리스신화에서 나오는 《탄탈》의 딸이름 《니오베》를 따서 이름지었다.
42	몰리브덴	1778	(스웨리예) 쉘레	Mo	몰리브덴의 류화물광석인 휘수연광은 연과 비슷하다. 그리스어로 연을 《몰리브도스》라고 한다. 이러한 광물로부터 발견된 원소라는데로부터 이름이 유래되였다.
43	테크네티움	1937	(이딸리아) 쎄그레	Tc	공업적방법에 의하여 인공적으로 얻은 첫 원소이다. 《인공적인》이라는 그리스어 《테크니토스》로부터 이름이 유래되였다. 《테크니카》는 《공업》, 《기술》, 《솜씨》라는 뜻을 가진다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
44	루테니움	1844	(로씨야) 클라우스	Ru	라틴어 《루테니아》에서 나왔는데 이것은 《로씨야》를 말한다.
45	로디움	1803	(영국) 월라스톤	Rh	《장미》라는 그리스어《로돈》에서 이름이 유래되였다. 그것은 이 원소의 어떤 염의 용액이 장미색을 띠기때문이다.
46	팔라디움	1803	(영국) 월라스톤	Pd	1802년에 발견된 소행성 《팔라스》를 기념하여 이름지었다.
47	은	고대		Ag	은은 싼스크리트어로 《아르겐따》라고 한다. 《희게 빛난다》는 말이다. 은의 라틴어이름 《아르겐톰》은 여기서 나온것이다.
48	카드미움	1817	(도이췰란드) 슈트로 마이에르	Cd	산화아연을 연구하는 과정에 발견되였다는데로부터 아연광물이나 산화아연의 고대그리스어이름 《카드메이아》에서 이름지었다.
49	인디움	1863	(도이췰란드) 라이흐, 리흐테르	In	이 원소가 내보내는 스펙트르선이 인디고의 색을 련상시키는 선명한 푸른색이라는데로부터 《인디고》의 라틴어《인디쿠스》에 따라 이름지었다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
50	석	고대		Sn	《굳은》이라는 싼스크리트어 《스타》, 《스탄》에서 라틴어이름 《스탄늄》이 나왔다.
51	안티몬	고대		Sb	로씨야어의 《눈섭을 검게 한다.》, 《문지르다.》와 비슷한 뜻을 가진 라틴어《스티디움》으로부터 《스티비움》이라고 이름지었다. 《중을 반대하는것》이라는 뜻으로《안티모니》라고 하였다고도 한다.
52	텔루르	1782	(도이췰란드) 라이헨슈타인	Te	지구를 기념하여 이름지었다. 라틴어로 《지구》를《텔루우스》라고 한다.
53	요드	1811	(프랑스) 꾸르뚜아	I	증기의 색이 보라색이기때문에 《보라색》이라는 그리스어 《요데스》로부터 이름지었다.
54	크세논	1898	(영국) 램지, 트래버스	Xe	《신기한》, 《이상한》이라는 그리스어 《크세노스》로부터 이름지었다.
55	세시움	1860	(도이췰란드) 분젠, 키르흐호프	Cs	이 원소가 내보내는 스펙트르선이 하늘처럼 푸른색이라고 하여《하늘처럼 푸른》이라는 라틴어 《세시우스》로부터 이름지었다.

번호	원소 이름	발견 년도	발견자	원소 기호	이름의 유래
56	바리움	1808	(영국) 데이비	Ba	매우 무겁기때문에 《무거운》이라는 그리스어 《바류스》로부터 이름지었다.
57	란탄	1839	(스웨리예) 모싼데르	La	오래동안 세리움속에 숨겨져있었기때문에 《숨다.》라는 그리스어 《란따노》로부터 이름지었다.
58	세리움	1803	(도이췰란드) 클라프로트 (스웨리예) 베르셀리우스, 히씽게르	Ce	1801년에 발견된 소행성을 기념하여 그리스신화에 나오는 농업과 과수업을 맡아보는 녀신의 이름《세레트》를 따서 이름지었다.
59	프라세오딤	1885	(오스트리아) 아우에르	Pr	이 원소의 염이 푸른색을 띠기때문에《푸른 쌍둥이》라는 그리스어 《프라세오스》로부터 이름지었다.
60	네오딤	1885	(오스트리아) 아우에르	Nd	《세쌍둥이》라는 그리스어 《네오스》로부터 이름지었다. 《네오딤》은 도이췰란드어이름이다.
61	프로메티움	1947	(이전 쏘련) 말린스끼, 기타	Pm	사람들을 위하여 하늘로부터 불을 훔쳐온 고대그리스신화의 영웅의 이름 《프로메티우스》에서 유래되였다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
62	사마리움	1879	(프랑스) 부아보드랑	Sm	《 사마롭스끼석 》이라는 광물에서 발견되였다는데서 이름이 나왔다. 광물의 이름은 그 발견자인 로씨야의 광산기사 사마롭스끼를 기념하여 지은것이다.
63	유로피움	1901	(프랑스) 드마르깨	Eu	《유럽》을 기념하여 이름지었다.
64	가돌리니움	1880	(스위스) 마리냐크, (프랑스) 부아보드랑	Gd	가돌리나이트광물에서 발견되였는데 란타노이드연구의 시초를 열어놓은 핀란드 학자 가돌린을 기념하여 그 이름이 지어졌다.
65	테르비움	1843	(스웨리예) 모싼데르	Tb	스웨리예의 도시 이테르비드가까이에서 나는 이테르비드광석에서 발견되였다는데로부터 그 이름이 유래되였다.
66	디스프로시움	1886	(프랑스) 부아보드랑	Dy	비슷한 성질을 가진 원소들의 혼합물로부터 이 원소를 갈라내는것이 매우 힘들었기때문에 《힘들게 얻어진다.》는 그리스어 《디스프로지토스》로부터 이름지었다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
67	홀미움	1879	(스웨리예) 클레베	Ho	스웨리예의 수도 스톡홀름의 라틴어이름 《홀미아》로부터 이름이 나왔다.
68	에르비움	1843	(스웨리예) 모싼데르	Er	스웨리예의 도시이름 《이테르비드》로부터 나왔다.
69	툴리움	1879	(스웨리예) 클레베	Tm	고대그리스사람들은 스칸디나비아반도를 《 툴라 》라고 불렀다. 이로부터 원소이름이 나왔다.
70	이테르비움	1878	(스위스) 마리냐크	Yb	《 이테르비드 》 광석에서 발견되였다는데서 이름지었다.
71	루테티움	1907	(프랑스) 유르뱅, (오스트리아) 아우에르	Lu	유르뱅의 고향인 빠리의 라틴어이름《루테니아》에서 이름이 유래되였다.
72	하프니움	1923	(단마르크) 코스테르 (마쟈르) 헤베쉬	Hf	단마르크의 수도 쾨뻰하븐의 라틴어이름《하프니아 》(항구라는 뜻)로부터 이름지었다.
73	탄탈	1802	(스웨리예) 에크베리	Ta	그리스신화에 나오는 전설적영웅의 이름 《탄탈》에서 따온것이다. 유럽에서는 자기의 목적이 달성되지 않을 때 비유적으로 《탄탈의 고통》이라고 표현한다. 에크베리는 이

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
					원소를 분리하는 실험에서 받은 고통이 탄탈이 지옥에서 당한 고통과 비슷하다고 하여 이렇게 이름지었다.
74	월프람	1781	(에스빠냐) 델루야르	W	이 원소의 광물인 중석이 보통 석을 포함하는데 용융될 때 광재를 만들면서 석의 량이 줄어든다고 하여 중석광에 대하여《승냥이가 양을 잡아먹듯이 석을 먹는다.》고 하였다. 그리하여 도이췰란드어로《승냥이》라는《월프》와《거품》이라는《랄》을 붙여《월프람》이라고 이름지었다. 영국, 프랑스 등에서는 스웨리예어의《무겁다》라는《탕크》와《돌》이라는《스텐》을 합쳐《탕그스텐》이라고 부른다.
75	레니움	1925	(도이췰란드) 노다크	Re	도이췰란드의 지방이름《라인》(글로는《레인》이라고 쓴다.)으로부터 이름지었다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
76	오스미움	1804	(영국) 텐넌트	Os	오스미움산무수물이 매우 독특한 냄새를 내기때문에 《냄새》라는 그리스어 《오스무스》로부터 이름지었다.
77	이리디움	1804	(영국) 텐넌트	Ir	이 원소의 염이 여러가지 색을 가지기때문에 《무지개》라는 그리스어《이리스》로부터 이름지었다.
78	백금	1738		Pt	원소의 이름은 에스빠냐사람들이 지었는데 《은》이라는 말인 《플라타나스》로부터 《플라티늄》이라고 불렀다. 《백금》이라는 한자이름은 《흰색의 금》이라는 뜻을 가진다.
79	금	고대		Au	《아침노을》이라는 뜻에서 라틴어이름《아우륨》이 나왔다. 련금술자들은 금이 태양과 련관되여있다고 생각하였다. 로어이름 《졸로또》는 《노랗다.》는 뜻을 가지고있다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
80	수은	B.C. 1500년		Hg	이 원소의 라틴어이름《히드랄기륨》은 그리스어《휴도르아드규론》에서 유래되였다. 《휴도르》는《물》, 《아드규론》은 《은》이라는 말이다. 《수은》이라는 한자이름은《액체은》이라는 뜻을 가진다.
81	탈리움	1861	(영국) 크룩스	Tl	이 원소가 내보내는 스펙트르선이 풀색을 띠는데로부터 《움트는 풀색의 새싹》을 의미하는 그리스어 《탈로스》 또는 라틴어 《탈루스》로부터 이름지었다.
82	연	고대		Pb	원소기호는 라틴어이름《푸름붐》에서 따온것이다.
83	비스무트	1753	(도이췰란드) 아그리콜라포트	Bi	《흰 물질》이라는 의미의 고대그리스어 《비스무트》를 그대로 원소이름으로 하였다.
84	폴로니움	1898	(프랑스) 큐리부부	Po	마리 큐리의 조국인 뽈스까를 기념하여 이름지었다. 프랑스어로 뽈스까를 《폴로뉴》라고 한다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
85	아스타틴	1940	(이딸리아) 코르센, 쎄그레	At	이 원소가 몹시 불안정하기때문에 《불안정한》이라는 그리스어 《아스타토스》로부터 이름지었다.
86	라돈	1900	(도이췰란드) 도른	Rn	이 원소에는《니톤》,《토른》, 《에마나티움》이라는 세가지 이름이 있었다. 《빛난다.》는 라틴어 《나테비》와 그리스어 《니텐스》로부터 《니톤》이라고 하였다. 방사성기체는 원소이름에 어미 《온》을 붙인다. 이로부터 1923년에 《라돈》이라고 고쳐 부르기로 하였다.
87	프란시움	1939	(프랑스) 뻬레	Fr	발견자가 자기 조국 프랑스를 기념하여 이름지었다.
88	라디움	1898	(프랑스) 큐리부부	Ra	《빛》이라는 라틴어 《라디우스》로부터 이름지었다.
89	악티니움	1899	(프랑스) 드비에른	Ac	《빛》이라는 그리스어《악티스》로부터 이름지었다.
90	토리움	1828	(스웨리예) 베르셀리우스	Th	고대스칸디나비아신화에 나오는 전쟁의 신의 이름《토트》로부터 유래되였다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
91	프로트악티니움	1918	(도이췰란드) 한, 마이트네르	Pa	《첫》(《프로트스》) 악티니움이라고 하여 이렇게 이름지었다.
92	우라니움	1789	(도이췰란드) 클라프로트	U	1781년에 발견된 행성《우라누스》(천왕성)를 기념하여 이름지었다.
93	넵투니움	1940	(미국) 아벨슨, (미국) 머크밀런	Np	1846년에 발견된 태양계의 8번째 행성《네툰》(해왕성)을 기념하여 이름지었다. 태양으로부터 멀어지는 순서로 《우라누스》다음에 《네툰》이 놓이므로 《우라니움》다음의 원소라는 뜻에서 《넵투니움》이라고 하였다.
94	플루토니움	1940	(미국) 씨보그, 머크밀런, 쎄그레	Pu	1930년에 발견된 태양계의 9번째 행성 《플루툰》(명왕성)을 기념하여 이름지었다.
95	아메리시움	1944	씨보그, 기타	Am	발견된 지역의 이름에서 유래되였다.
96	큐리움	1944	씨보그, 기타	Cm	방사능의 연구자 큐리부부를 기념하여 이름지었다.
97	베르켈리움	1950	씨보그, 기타	Bk	캘리포니아주의 버클리시에서 얻었다는데로부터 이름지었다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
98	칼리포르니움	1950	씨보그, 기타	Cf	캘리포니아라는 지명에 따라 이름지었다.
99	아인슈타이니움	1952	씨보그, 기타	Es	상대성리론을 밝힌 아인슈타인을 기념하여 이름지었다.
100	페르미움	1952	씨보그, 기타	Fm	방사성동위원소연구에 기여한 페르미를 기념하여 이름지었다.
101	멘델레비움	1955	씨보그, 기타	Md	주기법칙의 발견자 멘델레에브를 기념하여 이름지었다.
102	노벨리움	1957	씨보그, 기타	No	화약발명가인 스웨리예의 노벨을 기념하여 이름지었다.
103	로렌시움	1961	씨보그, 기타	Lr	실험핵물리학분야에 공헌을 한 로렌스를 기념하여 이름지었다.
104	라더퍼디움	1964	두브나연구소	Rf	원자구조리론의 발전에 기여한 라더퍼드의 공적을 기념하여 이름지었다.
105	두브니움	1968	두브나연구소	Db	로씨야원자핵합동연구소의 소재지이름인 두브나에 기초하였다.
106	씨보기움	1974	두브나연구소	Sg	초우라니움원소화학발전에 기여한 씨보그를 기념하여 이름지었다.

번호	원소이름	발견년도	발견자	원소기호	이름의 유래
107	보리움	1977	두브나연구소	Bh	원자구조리론의 발전에 기여한 보르를 기념하여 이름지었다.
108	하씨움	1984	다름슈타트연구소	Hs	도이췰란드 다름슈타트연구소가 있는 헤쎈주의 옛지명 하씨아에 기초하였다.
109	마이트네리움	1982	다름슈타트연구소	Mt	방사화학발전에 기여한 마이트네르를 기념하여 이름지었다.
110	다름스타티움	1994	다름슈타트연구소	Ds	도이췰란드 다름슈타트연구소의 소재지이름에 기초하였다.
111	렌트게니움	1994	다름슈타트연구소	Rg	X선의 발견자 렌트겐을 기념하여 이름지었다.

제3장. 발명, 발견년대표

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
105	종이 발명	차이룬(중)
574	황룡사의 장륙불 금으로 도금	신라
725	평창 상원사종 만듦	신라
754	황룡사종 만듦	신라
771	봉덕사종 만듦	신라
1101	은으로 화폐 만들기 시작	고려
1234	금속활자로 《고금상정례》 인쇄	고려
1373	흑색화약제법완성에 성공	최무선(고려)
1611	석탄으로 철녹이는 방법 발명	스타트반트(영)
1648	《소금의 정액》(염산)을 얻는 방법 발견	굴라우베르(도)
1662	기체의 체적과 압력사이관계를 보여주는 기체법칙(보일의 법칙) 발견	보일(영)
1669	오줌으로부터 흰린 발견	브란드(도)
1674	기체포집에 성공	메이요(영)
1675	최초의 화학교과서 《화학강의》 출판	레므리(프)
1680	석탄을 건류하면 석탄가스가 발생한다는것 발견	베헤르(도)
1702	초산칼리움에 류산작용시켜 순수한 초산 얻음	슈탈(도)
1708	카올린을 원료로 자기 생산	뵈트게르(도)
1713	콕스를 섞어 석탄제철에 성공	더어비1세(영)
1718	플로기스톤의 제창	슈탈(도)
1722	침탄법 발명	레오뮈르(프)
1724	순수한 기체 얻는 문제 해결	헤일즈(영)
1730	금속비스무트를 처음으로 얻음	포트(도)
1734	고무와 수지로부터 인공적으로 《비단》이 만들어질수 있다고 함	레오뮈르(프)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1735	원소로서의 코발트 발견	브란드(스웨)
1740	최초의 도가니강 만듦	한츠먼(영)
1746	류산생산의 연실법 발명	로바크(영)
1747	사탕무우에서 사탕 발견	마르그라프(도)
1748	질량보존의 법칙으로 되는 기초실험들을 하고 그 현상들을 종합하여 제기	로모노쏘브(로)
	콕스탄을 리용한 제철에 성공	더어비2세(영)
1751	금속니켈 발견	크론슈타트(스웨)
1756	《고착된 공기》(탄산가스) 발견	블래크(영)
	수경성세멘트 얻음	스미톤(영)
1766	《불타는 공기》(수소) 발견	캐븐디쉬(영)
1767	공기중에서 전기방전 일으켜 산화질소 얻음	캐븐디쉬(영)
1769	포도주산 발견	쉘레(스웨)
1770	류황이 원소임을 확정	라부아지에(프)
1771	콕스생성부산물인 타르 회수 고안	슈타프(도)
	불화수소 만듦	쉘레(스웨)
1772	《불의 공기》(산소) 발견	쉘레(1777년 발표)(스웨)
	《유독기체》(질소) 발견	라더퍼드(D)(영)
	금강석을 공기속에서 태울 때 탄산가스가 생긴다는것 발견	라부아지에(프)
1774	이산화망간에 염산작용시켜 염소 얻음	쉘레(스웨)
	석의 연소실험결과 종합하여 질량보존의 법칙 발표	라부아지에(프)
	산화바리움 발견	쉘레(스웨)
	월프람 발견	델루야르(에)
1775	《무플로기스톤공기》(산소) 발견	프리스틀리(영)
	최초의 연필 생산	꽁떼(프)
	친화력표 발표	베리만(스웨)
1776	뇨산에 대한 연구	쉘레(스웨)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1777	연소의 《산소설》설명	라부아지에(프)
1778	몰리브덴 발견	쉘레(스웨)
	석탄가스를 조명에 리용	딕쓴(영)
1779	빛합성 발견	잉엔하우스(네데)
1780	연소 및 호흡의 본질 해명	라부아지에(프)
	산패한 우유에서 젖산 발견	쉴레르(도)
1781	월프람산 발견	쉘레(스웨)
	《불타는 공기》(수소)가 타면 물이 생긴다는것 밝힘	캐븐디쉬(영)
	산의 《산소설》 제기	라부아지에(프)
	증기기관 발명	와트(영)
	석탄가스 리용하여 기구 띄움	민클레스(프)
	건류장치 구상	던드날드(영)
1782	에스테르화반응에서 무기산의 촉매작용 발견	쉘레(스웨)
	텔루르 발견	라이헨슈타인(도)
1783	물의 분해와 합성에 대하여 연구	라부아지에(프)
1784	수소와 산소와의 반응을 정량적으로 고찰	캐븐디쉬(영)
	질소산화에 의한 질산생산법 연구	캐븐디쉬(영)
	밧돌법 발명	오니온(영)
1785	숯의 흡착작용 발견	로비츠(도/ 로)
	표백약의 표백력 발견	배르똘레(프)
1786	전용피페트 사용	아하르드(도)
1787	스트론티움 발견	크로포드(영)
	《화학명명법》출판	크로포드(영), 라부아지에(프), 배르똘레(프), 프르크로아(프), 드 모르보(프)
1788	알콜산화에 의한 초산 제조	라부아지에(프)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1789	우라니움 발견	클라프로트(도)
	티탄 발견	그레고르(영)
	지르코니움 발견	클라프로트(도)
	《쟈벨수》 제조	배르똘레(프)
1791	《르블랑》소다법 발명	르블랑(프)
	《동물전기》 발견	갈바니(이)
1792	당량의 법칙 발견	리흐테르(도)
	발연류산 생산	슈타크(도)
1794	이트리움 발견	가돌린(핀)
1797	크롬 발견	보끌랭(프)
1798	베릴리움 발견	보끌랭(프)
	만유인력상수측정	캐븐디쉬(영)
1799	장망식초지기 발명	로버트(프)
	조성일정의 법칙 발견	쁘루스뜨(프)
	《표백분》생산 시작	테넌트(영)
1800	볼따전지 발명	볼따(이)
1801	분압의 법칙 발견	돌턴(영), 샤를(프)
	니오비움 발견	하체트(영)
1802	동-아연전지 만듦	볼따(이)
	기체의 체적과 온도와의 관계(게이-류샤크법칙, 샤를의 법칙) 밝힘	게이-류샤크(프), 샤를(1787)(프)
	탄탈 발견	에크베리(스웨)
1803	원자량개념 도입	돌턴(영)
	배수비의 법칙 발견	돌턴(영)
	세리움 발견	베르셀리우스(스웨)
	로디움 발견	월라스톤(영)
	팔라디움 발견	월라스톤(영)
1804	오스미움 발견	텐넌트(영)
	이리디움 발견	텐넌트(영)
	빛합성 연구	드 소쒸르(스)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1805	기체반응의 법칙 발견(1805-1808)	게이- 류샤크(프)
	원자량표 작성	돌턴(영)
	원망식초지기 발명	브라머(영)
	아편으로부터 모르핀 제조	제르튀르네르(도)
1806	《유기화학》이라는 이름 제정	베르셀리우스(스웨)
1807	칼리움, 나트리움 분리	데이비(영)
	근육으로부터 젖산 추출	베르셀리우스(스웨)
1808	원자설 제기	돌턴(영)
	주석산과 라세미산의 이성현상 발견	베르셀리우스(스웨)
	칼시움, 마그네시움, 바리움, 스트론티움 분리	데이비(영)
	붕산에서 붕소 분리	게이-류샤크(프), 떼나르(프), 데이비(영)
1809	산의 촉매작용 발견	키르흐호프(C,G,S)(로)
	순수한 불화수소 얻음	게이-류샤크(프), 떼나르(프)
1810	발효리론의 화학설 제기	게이-류샤크(프)
	염소가 원소임을 증명	데이비(영)
1811	수정에서 광학활성 발견	아라고(프)
	아보가드로법칙 발견	아보가드로(이)
	농마를 물분해하여 포도당 얻음	키르흐호프(C,G,S)(로)
	요드 발견	꾸르뚜아(프)
1812	이원설의 제기	베르셀리우스(스웨)
	농마의 전화반응 발견	키르흐호프(C,G,S)(로)
1813	화학원소의 기호화 도입	베르셀리우스(스웨)
	좌수정, 우수정이 편광면을 서로 다르게 회전시킨다는것 발견	비오(프)
	포틀랜드세멘트생산의 기초 마련	위까(프)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1814	몇가지 원소의 원자량표 발표	베르셀리우스(스웨)
	길금의 전화반응 발견	키르흐호프(C,G,S)(로)
	요드화합물 합성	게이-류샤크(프)
1815	산의 수소리론 제기	데이비(영)
	탄부의 안전등 발명	데이비(영)
	염화시안 합성	게이-류샤크(프)
1817	가열된 백금걸면에서의 알콜의 산화현상 발견	데이비(영)
	리티움 발견	아르페드손(스웨)
	카드미움 발견	슈트로마이에르(도)
	셀렌 발견	베르셀리우스(스웨)
1818	전기분해에 의한 리티움 분리	데이비(영)
	뇨소 합성	프라우트(영)
1819	원자열의 법칙 발견	뒬롱(프), 빼띠(프)
	동형의 법칙 발견	미체를리흐(도)
1821	산소를 기준으로 하는 원자량표 출판	베르셀리우스(스웨)
	포도주산을 산화하여 개미산 얻음	되베라이네르(도)
	합금강 만들수 있는 가능성 발견	패러디(영)
1822	백금의 촉매작용 발견	되베라이네르(도)
	이성화현상 발견	리비히(도), 윌레르(스)
1823	염소의 액화 실현	패러디(영)
	《르블랑 》법의 공업화	르블랑(프)
1824	염소정량법 개량	게이-류샤크(프)
	아비산을 지시약으로 사용	게이-류샤크(프)
	디시안으로부터 싱아산 얻음	윌레르(스)
	《포틀랜드세멘트》 명명	아스프딘(영)
1825	염소, 요드, 불소의 세 원소를 할로겐이라고 명명	베르셀리우스(스웨)
	벤졸 발견	패러디(영)
	불순하기는 하나 최초의 알루미니움 얻음	외르스테드(단)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1826	많은 원소를 포함하여 고쳐쓴 원자량표 출판	베르셀리우스(스웨)
	브롬 발견	발라르(프)
1827	브라운운동 발견	브라운(R)(영)
	순수한 알루미니움 얻음	윌레르(도)
	《게이-류샤크탑》 고안	게이-류샤크(프)
1828	베릴리움재 발견	윌레르(도)
	토리움 발견	베르셀리우스(스웨)
	무기화합물로부터 뇨소 합성	윌레르(도)
	산의 적정에 붕사 리용	게이-류샤크(프)
1829	열풍로 발명	닐슨(영)
	3조원소설 제기	되베라이네르(도)
1830	바나디움 발견	세프스트룀(스웨)
	타르증류 시작	안더슨(영)
	포도산과 포도주산이 서로 이성체임을 발견	베르셀리우스(스웨)
1831	탄소 및 수소의 분석법 확립	리비히(도)
	전자기유도현상 발견	패러디(영)
1832	은용액의 적정에 소금 리용	게이-류샤크(프)
	알루미나를 염색에서 매염제로 리용	되베라이네르(도)
	니트로벤졸 합성	미체를리흐(E)(도)
1833	전기분해법칙 발견	패러디(영)
	효소 디아스타제 발견	빠이앵(프), 뻴르즈(프)
	아세톤의 조성 결정	리비히(프), 뒤마(J)(프)
1834	유기할로겐치환체에 대한 연구	뒤마(J)(프), 로랑(프)
1835	효소 에물신 발견	빠이앵(프), 뻴르즈(프)
1836	효소의 촉매작용 제기	베르셀리우스(스웨)
	발효리론의 생물설 주장	슈완(도)
	아세틸렌 발견	데이비(영)
	다니엘전지 발명	다니엘(영)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1838	단백질(프로테인) 발견	물데르(네데)
	크레오소트를 목재방부제로 사용	베쉘(영)
1839	새로운 기리론(잔여의 리론) 제기	제라르(프)
	란탄 발견	모싼데르(스웨)
	은판사진 발명	다개르(프)
	가류고무 발명	구디어(미)
1840	열화학의 법칙 발견	헤스(G,H)(스/ 로)
	동식물의 영양에서 미량원소가 노는 역할 해명	리비히(도)
	쇄목팔프 발명	켈레르(도)
1841	질소분석법 제기	윌(도), 바렌타프(도)
1842	니트로벤졸로부터 아닐린 발견	지닌(아제르바이쟌)
	최초의 화학비료 파린산석회제조	로즈(영)
1843	에르비움 발견	모싼데르(스웨)
	테르비움 발견	모싼데르(스웨)
1844	루테니움 발견	클라우스(로)
	초산 합성	콜베(도)
1845	타르속에서 벤졸 발견	호프만(A.W)(도)
	수소화비소, 요드화비소, 브롬화수소를 액화	패러디(영)
1846	공기중의 산소함유량 분석	분젠(도)
1847	광학활성의 원인 해명	빠스뙤르(프)
	니트로글리세린 얻음	쏘브레로(이)
1848	제1급아민 합성	위르쯔(프)
	프로피온산 얻음	프랭클런드(영), 콜베(도)
	디에틸아연 얻음	프랭클런드(영)
	타르의 경유를 분류하여 벤졸, 톨루올 분리	맨스필드(영)
1850	제2급아민, 제3급아민 합성	호프만(A.W)(도)
	열력학제2법칙 정식화	클라우지우스(도)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1851	메틸에틸에테르 합성	윌리엄슨(영)
1852	류형설 제기	제라르(프)
1853	깐닛짜로반응이 알려짐	깐닛짜로(이)
	요드적정법 제기	분젠(도)
1854	메탄 합성	배르뜰로(프)
	베쎄마제강법 발명	베쎄마(프)
	복염전기분해에 의한 알루미니움의 제조	분젠(도), 더빌(프)
1855	분젠등 발명	분젠(도)
1856	합성물감 《모부》 발명	퍼킨(영)
	베쎄마제강법 완성	베쎄마(영)
	시멘스-마르뗑제강법 발명	시멘스(씨먼즈)(도), 마르뗑(프)
1857	금콜로이드 발견	패러디(영)
	유기화합물의 구조에 메탄형 도입	케쿨레(도)
	글리세린 합성	위르쯔(프)
1858	아보가드로의 가설 부활시키고 원자, 분자의 개념을 명확히 구분	깐닛짜로(이)
	탄소의 원자가가 4라고 밝힘	케쿨레(도)
1859	스펙트르분석법 발명	분젠(도), 키르흐호프(G, R)(도)
1860	세시움 발견	분젠(도), 키르흐호프(G, R)(도)
	에스테르의 물분해연구과정에 반응속도와 농도 사이관계식 밝힘	배르뜰로(프)
	고무를 열분해하여 이소프렌 얻음	윌리엄즈(C, G)(영)
1861	루비디움 발견	분젠(도), 키르흐호프(G, R)(도)
	탈리움 발견	크룩스(영)
	콜로이드와 정질을 정의	그레이엄(영)
	유기체밖에서 탄수화물 합성	부뜰레로브(로)
	니트로메탄 합성	콜베(도)
	《쏠배법》발명	쏠배(벨)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1862	라선규칙 발견	드 챤 꾸르뚜아(프)
	호프만자 발견	호프만(A.W)(도)
	키프장치 발명	키프(끼쁘)(네데)
	카바이드에 물을 작용시켜 아세틸렌 얻음	윌레르(스)
1863	인디움 발견	라이흐(도), 리흐테르(H,T)(도)
	탈리움재 발견	뵈트게르(도)
1864	화학반응에 대한 질량작용의 법칙제기	굴베르(노), 워게(노)
	옥타브규칙 제기	뉴랜즈(영)
	파철에 의한 평로제강법 완성	마르땡(프)
1865	벤졸의 구조식 해명	케쿨레(도)
	엔트로피에 대하여 정의	클라우지우스(도)
1866	미생물에 의한 부패현상 해명	빠스뙤르(프)
	희유금속의 제법 연구	뵈트게르(도)
	다이나마이트 발명	노벨(스웨)
	《쏠배법》의 공업화	쏠배(벨)
	아류산염팔프 발명	틸만(미)
1867	인공반투막 발명 및 삼투현상 발견	트라우베(도)
1868	태양스펙트르선에서 헬리움 발견	쟝쌍(프), 록키여(영)
1869	안트라센으로부터 알리자린 합성	그래베(도)
	주기법칙 발견 및 최초의 주기표 작성	멘델레예브(로)
	천연제품에 기초한 수지인 셀룰로이드 발명	하이어트(미)
1871	짧은주기형주기표 발표	멘델레예브(로)
	페놀프탈레인 합성	바이에르(도)
1872	프리댈-크라프츠반응 제기	프리댈(프), 크라프츠(미)
	니트로에탄 합성	마이에르(v)(도)
1874	탄소화합물의 립체구조 발견	반뜨 호프(네데), 르밸(프)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1875	갈리움 발견	부아보드랑(프)
	열력학적체계 수립	기브즈(J.W)(미)
	크룩스관 발명	크룩스(영)
	페닐히드라진으로부터 히드라진 얻는 반응 발견	피쉐르(E)(도)
	폭발젤라틴 발명	노벨(스웨)
1876	정성가스분석을 체계화	윙클레르(도)
	발색단리론 발표	위트(도)
1877	반응속도의 리론 수립	반뜨 호프(네데)
	반투막 사용하여 삼투압 측정	페페르(도)
1878	이테르비움 발견	마리냐크(스)
1879	스칸디움 발견	닐쏜(스웨)
	툴리움 발견	클레베(스웨)
	홀미움 발견	클레베(스웨)
	사마리움 발견	부아보드랑(프)
1880	가돌리니움 발견	마리냐크(스), 부아보드랑(프)
	인디고 합성	바이에르(도)
	아세틸렌의 수화반응에 의한 초산알데히드 합성	꾸체로브(로)
	아세톤의 공업적제법 발명	꾸체로브(로)
1882	보르도액 발명	미야르데(프)
1883	공기액화법에 의한 산소 분리	듀어(영)
	질산섬유소용액을 방사	스원(영)
	안티피린 제조	크노르(도)
	지방족아조화합물 얻음	크르티우스(도)
	천연인디고구조 해명	바이에르
1884	평형이동법칙 발견	르 샤뜰리에(프)
	엽록체의 탄소동화작용에 대한 해명	작스(J)(도)
	인조견사 발명	샤르돈내(프)
	전해질의 해리에 관한 론문 발표	아레니우스(S)(스웨)
	발사약 《발리스타이트》 발명	노벨(스웨)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1885	프라세오딤 발견	아우에르(오)
	네오딤 발견	아우에르(오)
1886	불소를 처음으로 분리	무아쌍(프)
	라울의 법칙 발견	라울(프)
	베크만전위 발견	베크만(도)
	게르마니움 발견	윙클레르(도)
	디스프로시움 분리	부아보드랑(프)
	알루미니움의 용융전해법 발명	홀(미), 에루(프)
1887	전해질의 해리설 제기	아레니우스(S)(스웨)
	삼투압법칙 발견	반뜨 호프(네데)
1888	수소이온의 촉매작용 증명	아레니우스(S)(스웨)
	희석법칙 유도	오스트왈드(F.W)(도)
	립체화학이라는 술어 도입	마이에르(v)(도)
	베크만온도계 고안	베크만(도)
1889	활성화에네르기의 개념 수립	아레니우스(S)(스웨)
	크레킹원리 발견	레드우드(영), 듀어(영)
1890	염의 물분해리론 수립	아레니우스(S)(스웨)
1891	지시약에 관한 리론 제기	오스트왈드(F.W)(도)
1892	전기로에서 카바이드 생산	무아쌍(프), 윌슨(T.L)(카)
	비스코스섬유 발명	크로스(영), 비반(영)
1893	배위리론 착상	웨르네르(A)(스)
	왈덴반전 발견	왈덴(로)
	수은법에 의한 가성소다제조법 발명	캐른네르(도), 카스트너(미)
1894	아르곤 발견	레일리(영), 램지(영)
	촉매에 대한 개념 제기	오스트왈드(F.W)(도)
	디테르펜의 구조 해명	왈라흐(도)
1895	X선 발견	렌트겐(도)
	수소기체의 액화 실현	듀어(영)
1896	방사능 발견	베크렐(도)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1897	효모(지마제)에 의한 알콜 발효 발견	부흐네르(E)(도)
	푸린 합성	피쉐르(E)(도)
	기름의 촉매수첨공정 개발	싸바띠애(프), 쎈데르앵(프)
1898	크세논 발견	램지(영), 트래버스(영)
	라디움 발견	큐리부부(프)
	폴로니움 발견	큐리부부(프)
	네온 발견	램지(영), 트래버스(영)
	크립톤 발견	램지(영), 트래버스(영)
1899	악티니움 발견	드비에른(프)
1900	량자론 창시	플랑크(도)
	트립토판 발견	홉킨즈(F,G)(영)
	그리냐르시약 발명	그리냐르(프)
	라돈 발견	도른(도)
1901	유로피움 발견	드마르깨(프)
	최초의 《노벨상》 실시	(스웨)
	아트로핀 합성	윌슈태테르(도)
1902	원자붕괴의 리론 제기	라더퍼드(E)(영), 쏘디(영)
	세크레틴 발견	스탈링(영), 베일리스(영)
	암모니아산화에 의한 질산생산법 발명	오스트왈드(F,W)(도)
	불포화기름의 경화법	노르만(도)
1903	한외현미경 발명	지그몬디(도)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1904	수소와 질소로부터 암모니아생성에 관한 열력학적연구	하베르(도)
	세크레틴의 화학적역할 해명 및 호르몬이라는 이름 지음	스탈링(영), 베일리스(영)
	리모넨 합성	퍼킨(도)
	니코틴 합성	삑떼(스)
1905	착염화학에 대한 참고서 발간	웨르네르(A)(스)
	상대성리론 발견	아인슈타인(도)
1906	열력학제3법칙 발견	네른스트(프)
	유기분자 아산화탄소 발견	딜스(도)
	베클라이트발명	베클란드(벨)
	크로마토그라프법 개발	쯔베뜨(이/로)
1907	루테티움 발견	유르뱅(프)
	하프니움 발견	코스테르(단)
	폴리펩티드 합성	피쉐르(E)(도)
1908	하베트의 공기중에서 질소고정법을 실험실적으로 실현	보쉬(도), 하베르(도)
	지하자원에 대한 화학적연구 진행	클라크(F.W)(미)
1909	페하(pH)개념 확립	쇠렌쎈(단)
	장뇌 합성	콤퍼(도)
	파파베린 합성	삑떼(스)
	606호(살바르산) 합성	에를리흐(P)(도)
	듀랄루민 발견	윌름(도)
	이소프렌으로부터 합성고무 제조	호프만(도)
1910	금속라디움 분리	마리 큐리(프)
	열경화성 합성수지 베클라이트의 상품화 실현	베클란드(벨)
	동위원소라는 용어 제기	쏘디(영)
	오리자놀 분리	스즈끼 우메따로(일)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1911	원자모형 제기	라더퍼드(E)(영)
	비타민이라는 이름 제정	푼크(뽈/ 미)
	나르코틴 합성	퍼킨(영), 로빈슨(영)
	수은에서 초전도현상 발견	온네스(네데)
1912	극성있는 분자리론 수립	데바이(네데)
	네오살바르산 합성	에를리흐(P)(도)
1913	보르의 원자모형제기 및 량자리론 창시	보르(단)
	수소를 첨가하여 석탄 액화	베르기우스(도)
	수소와 질소의 직접결합에 의한 암모니아합성의 공업화 실현	하베르(도), 보쉬(도)
1915	타원궤도 도입	좀메르펠드(도)
	열물색소 빌리루빈 연구	피쉐르(H)(도)
	방독마스크(방독면) 발명	젤린스끼(이전 쏘련)
1916	이온원자가설 제기	코쎌(도)
	일반상대성리론 제기	아인슈타인(도)
	공유원자가리론《8우설》 제기	루이스(미)
1918	프로트악티니움 발견	한(도), 마이트네르(오)
1919	α립자로 질소가스를 포격하여 산소동위원소와 양성자 얻음	라더퍼드(E)(영)
	첫질량스펙트르장치(질량분석기) 개발	애스튼(영)
1920	원심분리기 개선	스베드베리(스웨)
1921	배위결합 구상	퍼킨쓰(미)
	일산화탄소와 수소로부터 메틸알콜 합성	빠떼뜨(프)
	개의 취장에서 인술린 분리	밴팅(카), 베스트(카)
1923	화학원소가 원자번호에 의하여 정의됨을 결정	국제원자량위원회
	하프니움재 발견	헤베쉬(마)
1924	물질립자의 파동성 추측	드 브로이(프)
	최초의 초원심분리기 제작	스베드베리(스웨)
	폴라로그라프법 발견	헤이롭스끼(체)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1925	파울리의 금지원리 발견	파울리(스)
	레니움 발견	노다크부부(도)
	아세틸렌으로부터 부타디엔 얻음	뉴랜드(미)
	모르핀구조 확정	로빈슨(영)
1926	량자력학적공명개념 도입	하이젠베르그(도)
	슈뢰딩게르의 파동방정식 발표	슈뢰딩게르(오)
	인술린 결정상태로 분리	에이벌(미)
	효소 우레아제 결정화	쌈너(미)
1927	불확정성원리 발견	하이젠베르그(도)
	전자의 2중성 실험으로 확증	드 브로이(프)
1928	혼성궤도함수 도입	폴링(미)
	디엔합성반응(딜스-알데르반응) 성공	딜스(영), 알데르(영)
	항균성물질 《페니실린》 발명	플레밍(A)(영)
1929	핵산을 이루는 데옥시리보즈에 대한 해명	레빈(미)
	헤민 합성	피쉐르(H)(도)
	에스트론의 분리 및 구조 결정	부테난트(도)
	산소의 동위원소 ^{17}O, ^{18}O을 발견	헤리크(미)
	안티노킹제 발명	미질리(미)
	카로틴의 조성식 결정	카레르(스)
	효소 펩신의 결정화	노스러프(미)
1931	분자궤도의 첫 형태 제기	휘켈(도)
	비타민A의 화학구조 해명	카레르(스)
	비타민B_1의 조성 해명	윈다우스(도)
	안드트로스테론 분리 및 구조 결정	부테난트(도)
	클로로프렌고무(아세틸렌법) 공업화	캐로더즈(미)
	공명개념 도입하여 벤졸의 안정성 설명	폴링(미)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1932	비타민C를 순수한 결정으로 얻음	쌘뜨-죄르지(미)
	네오프렌고무 생산의 공업화	캐로더즈(미)
	전자현미경 발명	루쓰카(도)
	액체수소를 분별증류하여 중수소 얻음	유리(미)
	중성자 발견	채드위크(영)
1933	비타민C의 구조 해명	호워스(영)
1934	인공방사능 발견	이랜느 쥴리오 큐리(프), 프레데리크 쥴리오 큐리(프)
	비타민B_6의 분리	토드(영)
	프로게스테론 분리	부테난트(도)
	코르티존을 결정분리하고 구조식결정 및 인공합성	켄들(미)
	초중수소핵 발견	루이스(미)
1935	담배모자이크비루스의 결정화	스탠리(W.N)(미)
	《나이론6.6》의 연구	캐로더즈(미)
1936	비타민B_1의 구조 해명 및 합성	토드(영)
	비타민D의 합성	윈다우스(도)
	아크릴수지 만들기 시작	(영, 미)
	폴리에틸렌 개발	(영)
1937	테크네티움 발견	쎄그레(이/ 미)
	비타민A의 합성	쿤(도)
	폴리우레탄 연구	(도)
	우주의 원소존재량 발표	골드슈미트(V,M)(노)
1938	비타민E(α-토코페롤)의 합성	카레르(스)
	서슬을 원료로 하는 마그네시움 생산	(영)
	우라니움의 원자핵분렬 성공	한(도), 슈트라스만(도)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1939	비날론 발명	리승기(조)
	나이론생산의 공업화	캐로더즈(미)
	폴리에폭시에 대한 특허 제기	(도)
	프란시움 발견	뻬레(프)
	비타민B_6구조 결정	쿤(도)
	비타민K 분리	도이지(미), 담(단)
1940	넵투니움 얻음	아벨슨(미), 머크밀런(미)
	플루토니움 발견	씨보그(미), 머크런(미), 쎄그레(이/ 미)
	아스타틴 얻음	코르센(이), 쎄그레(이/ 미)
	고체의 상전이에서 열력학적성질유도에 수학적기교 도입	온싸거(노/ 미)
	새로운 원소합성 시작	(미)
	분배크로마토그라프법 발견	씽(영)
1943	석유로부터 부타디엔 합성	캐로더즈(미)
1944	큐리움 얻음	씨보그(미), 쩸스(미)
	아메리시움 얻음	씨보그(미), 기타
	종이크로마토그라프분배기술 개발	마틴(영), 씽(영)
	항생물질 《스트렙토미찐》 발명	왝스먼(우크/ 미)
	키닌 합성	우드워드(미)
1945	페니실린의 화학구조 해명	플레밍(A)(영)
1946	첫 전자계산기(에니아크)의 출현	에카트(미)
	페니실린의 인공적제법 성공	플레밍(A)(영)
	핵자기공명에 대한 연구	푸르셀(미), 브로취(스/미)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1947	순수한 프로메티움 얻음	말린스끼(이전 쏘련)
	고분자의 분자량결정법 제기	데바이(네데)
	유사이전시기 년대확정에 ^{14}C 표식기술 도입완성	리비(미)
	우주의 원소존재량 개정	브라운(H, C)(미)
1949	베르켈리움 발견	씨보그(미)
1950	핵산의 구조 확정	클루그(남아/ 영)
	캘리포르니움 발견	씨보그(미)
1951	콜레스테롤 합성	우드워드(미)
1952	아인슈타이니움 얻음	씨보그(미)
	페르미움 얻음	씨보그(미)
1953	옥시토신 합성	뒤 비뇨(프/ 미)
	기체크로마토그라프 개발	마틴(미)
	데옥시리보핵산(DNA)의 공간구조 해명	워트슨(미), 크리크(영)
	저열콕스를 연료로 하는 새형의 용광로 건설	(프)
1955	멘델레비움발견	씨보그(미)
	인슐린의 아미노산배렬 결정	쌩거(영)
	비타민B_{12}의 구조 결정	토드(영), 호지킨(D, M, C)(영)
	폴리프로필렌 발명	나따(이)
	인조금강석 합성	브리지먼(미)
1956	불활성의 데옥시리보핵산(DNA) 합성	콘버그(A)(미)
	레제르핀 합성	우드워드(미)
1957	빛합성과정의 연구에 동위원소리용	캘빈(미)
	노벨리움 합성	씨보그(미)
	단백질분자의 3차원모델 만듦	켄드루(영), 페루츠(영)
	레이자 발견	폴라니(도/ 카)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1961	로렌시움 합성	씨보그(미)
	인공적으로 4중수소 만드는데 성공	(이)
	탄소 12를 기준으로 한 원자량표 작성	IUPAC*
1963	크라운에테르 만듦	피더슨(미), 렌(프)
	고상폴리펩티드합성법 발견	메리필드(미)
1964	라더퍼디움 얻음	두브나연구소
1965	브래디키닌(9개의 아미노산으로 구성된 펩티드) 합성	로키펠러연구소
1967	크립탠드 합성	렌(프)
	생물학적으로 활성인 데옥시리보즈 합성	콘버그(A)(미)
1968	두브니움 얻음	두브나연구소
	제한효소 발견	네이선즈(미)
1969	천연산효소 처음으로 합성	메리필드(미)
	라더퍼디움 합성	두브나연구소
	리보누클레아제 처음으로 전합성	도메연구조
1970	산화이질소가 대기상층의 오존분자 파괴한다는것 발견	크루트젠(네), 롤랜드(미), 몰리너(메/ 미)
1973	금속수소 합성	이전 쏘련의 연구조
	인술린구조 완전결정	호지킨(영)
1974	씨보기움 합성	두브나연구소
	프레온가스에 의한 오존층파괴경고	크루트젠(네), 롤랜드(미), 몰리너(메/ 미)

* IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) 국제순수 및 응용화학련맹.

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1977	보리움 합성	두브나연구소
	전기전도성중합체의 개발	히거(미), 맥다이아미드(뉴), 시라까와히데끼(일)
1978	리보누클레아제발견	올트맨(카/ 미)
1982	마이트네리움 합성	다름슈타트연구소
	데핵산의 긴사슬 발견	체크(미)
	주사식굴현미경 개발	쮸리히연구소
1984	새로운 유기초전도체 발견	IBM연구소
	하씨움 합성	다름슈타트연구소
1985	탄소클라스터 만듦	크로토(영), 스몰리(미), 컬(미)
	풀러렌으로 알려진 새로운 탄소분자의 새족 발견	스몰리연구조
1986	합성금강석박막으로 겉면을 피복하는 기술 창안	펜씰버이니어과학자들
1987	피라미드건설용 세멘트 발견	다비드비츠
	합성뼈의 개발	텍사스종합대학
1990	플러렌분자 다량 생산	(미)
	메탄을 출발물질로 하여 인조금강석 합성	제네랄회사 연구조
1991	탄소나노관(CNT) 발견	(미)
1994	다름스타티움 합성	다름슈타트연구소
	렌트게니움 합성	다름슈타트연구소
	ATP(아데노신삼린산)의 기능 확증	워키와 연구조
1996	112번원소 합성	다름슈타트연구소
1997	세포안에서 이온의 화학적농도를 조절하도록 돕는 효소의 발견	스코우(단)
	버크민스터 플러렌으로부터 얇고 윤활한 금강석필림 성장시키는 방법 개발	(미)

년대	발명, 발견내용	나라 및 학자이름
1999	114번원소 합성	두브나연구소
	화학반응과정에 분자내 원자들의 운동을 레이자로 관찰하는 기술개발	제와일 (에집/ 미)
2000	116번원소 합성	두브나연구소
	핵폭탄을 제외한 가장 강력한 폭약인 옥타니트로쿠반견본 제조	해군연구소(미)
	가장 안정한 불활성가스인 아르곤의 화합물 HarF 발견	핀란드 헬싱키대학
2001	금속의 고온초전도물질 발견 (39K)	아오야마 가무인 대학 (일)
2002	연료전지자동차가 실용화	(일)
	4개질소원소로 된 분자 제조	로마(이)
	푸른빛을 쪼이면 보라색을 띠는 Mg를 포함하는 소성재료 개발	밀러(오하이오주 주립대학)(미)
2003	합금의 성질을 계산하는 방법 개발(합금을 만들기 전에), 그 리론을 리용하여 새로운 초소성Ti합금을 제조	도요다중앙연구소 (일본)
2004	113번원소 합성	일본 리화학연구소
2008	메타놀을 연료로 하는 휴대용 연료전지 개발	(일)
2010	다공성금속착화합물 개발	(MTI회사)

제4편. 여러가지 표

1. 원소의 원자량과 최외전자배치

*를 덧붙인 원소는 인공원소, [ ]안의 원자량은 방사성원소의 반감기가 가장 긴 동위원소의 질량수, ( )안의 전자배치는 가능한 전자배치이다.

원소이름	원소 기호	원자 번호	원자량	최외전자층의 전자배치
가돌리니움	Gd	64	157.3	$4f^7 5d^1 6s^2$
갈리움	Ga	31	69.72	$4s^2 4p^1$
규소	Si	14	28.09	$3s^2 3p^2$
금	Au	79	197.0	$5d^{10} 6s^1$
게르마니움	Ge	32	72.64	$4s^2 4p^2$
나트리움	Na	11	22.99	$3s^1$
노벨리움*	No	102	[259]	$(5f^{14} 7s^2)$
니켈	Ni	28	58.69	$3d^8 4s^2$
네오딤	Nd	60	144.2	$4f^4 6s^2$
네온	Ne	10	20.18	$2s^2 2p^6$
넵투니움	Np	93	[237]	$5f^4 6d^1 7s^2$
다름스타티움*	Ds	110	[281]	-
동	Cu	29	63.55	$3d^{10} 4s^1$
두브니움*	Db	105	[262]	$(6d^3 7s^2)$
디스프로시움	Dy	66	162.5	$4f^{10} 6s^2$
라더퍼디움*	Rf	104	[261]	$(6d^2 7s^2)$

원소이름	원소 기호	원자 번호	원자량	최외전자층의 전자배치
라돈	Rn	86	[222]	$6s^26p^6$
라디움	Ra	88	[226]	$7s^2$
란탄	La	57	138.9	$5d^16s^2$
로디움	Rh	45	102.9	$4d^85s^1$
로렌시움*	Lr	103	[262]	$(5f^{14}6d^17s^2)$
루비디움	Rb	37	85.47	$5s^1$
루테니움	Ru	44	101.1	$4d^75s^1$
루테티움	Lu	71	175.0	$4f^{14}5d^16s^2$
류황	S	16	32.06	$3s^23p^4$
리티움	Li	3	6.941	$2s^1$
린	P	15	30.97	$3s^23p^3$
레니움	Re	75	186.2	$5d^56s^2$
렌트게니움*	Rg	111	[272]	-
마그네시움	Mg	12	24.31	$3s^2$
마이트네리움*	Mt	109	[268]	-
망간	Mn	25	54.94	$3d^54s^2$
몰리브덴	Mo	42	95.94	$4d^55s^1$
멘델레비움*	Md	101	[258]	$(5f^{13}7s^2)$
바나디움	V	23	50.94	$3d^34s^2$
바리움	Ba	56	137.3	$6s^2$
보리움*	Bh	107	[264]	-

원소이름	원소 기호	원자 번호	원자량	최외전자층의 전자배치
불소	F	9	19.00	$2s^{2}2p^{5}$
붕소	B	5	10.81	$2s^{2}2p^{1}$
브롬	Br	35	79.90	$4s^{2}4p^{5}$
비소	As	33	74.92	$4s^{2}4p^{3}$
비스무트	Bi	83	209.0	$6S^{2}6P^{3}$
백금	Pt	78	195.1	$5d^{9}6s^{1}$
베르켈리움*	Bk	97	[247]	$5f^{9}7s^{2}$
베릴리움	Be	4	9.012	$2s^{2}$
사마리움	Sm	62	150.4	$4f^{6}6s^{2}$
산소	O	8	16.00	$2s^{2}2p^{4}$
석	Sn	50	118.7	$5s^{2}5p^{2}$
수소	H	1	1.008	$1s^{1}$
수은	Hg	80	200.6	$5d^{10}6s^{2}$
스칸디움	Sc	21	44.96	$3d^{1}4s^{2}$
스트론티움	Sr	38	87.62	$5s^{2}$
세리움	Ce	58	140.1	$4f^{1}5d^{1}6s^{2}$
세시움	Cs	55	132.9	$6s^{1}$
셀렌	Se	34	78.96	$4s^{2}4p^{4}$
지르코니움	Zr	40	91.22	$4d^{2}5s^{2}$
질소	N	7	14.01	$2s^{2}2p^{3}$
철	Fe	26	55.85	$3d^{6}4s^{2}$

원소이름	원소 기호	원자 번호	원자량	최외전자층의 전자배치
카드미움	Cd	48	112.4	$4d^{10}5s^{2}$
칼리포르니움*	Cf	98	[251]	$5f^{10}7s^{2}$
칼리움	K	19	39.10	$4s^{1}$
칼시움	Ca	20	40.08	$4s^{2}$
코발트	Co	27	58.93	$3d^{7}4s^{2}$
큐리움*	Cm	96	[247]	$5f^{6}6d^{1}7s^{2}$
크롬	Cr	24	52.00	$3d^{5}4s^{2}$
크립톤	Kr	36	83.80	$4s^{2}4p^{6}$
크세논	Xe	54	131.3	$5s^{2}5p^{6}$
탄소	C	6	12.01	$2s^{2}2p^{2}$
탄탈	Ta	73	180.9	$5d^{3}6s^{2}$
탈리움	Tl	81	204.4	$6s^{2}6p^{1}$
토리움	Th	90	232.0	$6d^{2}7s^{2}$
툴리움	Tm	69	168.9	$4f^{13}6s^{2}$
티탄	Ti	22	47.87	$3d^{2}4s^{2}$
테르비움	Tb	65	158.9	$4f^{9}6s^{2}$
테크네시움	Tc	43	[98]	$4d^{5}5s^{1}$
텔루르	Te	52	127.6	$5s^{2}5p^{4}$
팔라디움	Pd	46	106.4	$4d^{10}$
폴로니움	Po	84	[209]	$6s^{2}6p^{4}$
프라세오딤	Pr	59	140.9	$4f^{3}6s^{2}$

원소이름	원소 기호	원자 번호	원자량	최외전자층의 전자배치
프란시움	Fr	87	[223]	$7s^1$
프로메티움	Pm	61	[145]	$4f^56s^2$
프로트악티니움	Pa	91	231.0	$5f^26d^17s^2$
플루토니움	Pu	94	[244]	$5f^67s^2$
페르미움*	Fm	100	[257]	$5f^{12}7s^2$
하프니움	Hf	72	178.5	$5d^26s^2$
하씨움*	Hs	108	[277]	–
홀미움	Ho	67	164.9	$4f^{11}6s^2$
헬리움	He	2	4.003	$1s^2$
씨보기움*	Sg	106	[266]	–
아르곤	Ar	18	39.95	$3s^23p^6$
아스타틴	At	85	[210]	$6s^26p^5$
아메리시움*	Am	95	[243]	$5f^77s^2$
아연	Zn	30	65.41	$3d^{10}4s^2$
아인슈타이니움	Es	99	[252]	$5f^{11}7s^2$
악티니움	Ac	89	[227]	$6d^17s^2$
안티몬	Sb	51	121.8	$5s^25p^3$
알루미니움	Al	13	26.98	$3s^23p^1$
연	Pb	82	207.2	$6s^26p^2$
염소	Cl	17	35.45	$3s^23p^5$
오스미움	Os	76	190.2	$5d^66s^2$

원소이름	원소 기호	원자 번호	원자량	최외전자층의 전자배치
요드	I	53	126.9	$5s^2 5p^5$
우라니움	U	92	238.0	$5f^3 6d^1 7s^2$
유로피움	Eu	63	152.0	$4f^7 6s^2$
은	Ag	47	107.9	$4d^{10} 5s^1$
이트리움	Y	39	88.91	$4d^1 5s^2$
이테르비움	Yb	70	173.0	$4f^{14} 6s^2$
인디움	In	49	114.8	$5s^2 5p^1$
에르비움	Er	68	167.3	$4f^{12} 6s^2$
월프람	W	74	183.8	$5d^4 6s^2$

2. 화합물에서 원소들의 주요산화수

원소 이름	원소 기호	산화수	원소 이름	원소 기호	산화수
수소	H	+1	마그네시움	Mg	+2
산소	O	−2	칼시움	Ca	+2
탄소	C	−4, +2, +4	바리움	Ba	+2
질소	N	−3, +1, +2, +3, +4, +5	알루미니움	Al	+3
염소	Cl	−1, +1, +7	동	Cu	+2
브롬	Br	−1	철	Fe	+2, +3

원소 이름	원소 기호	산화수	원소 이름	원소 기호	산화수
요드	I	-1	수은	Hg	+2
류황	S	-2, +4, +6	연	Pb	+2, +4
린	P	-3, +3, +5	아연	Zn	+2
규소	Si	-4, +4	망간	Mn	+2, +4, +7
붕소	B	+3	크롬	Cr	+3, +6
비소	As	-3, +3, +5	니켈	Ni	+2, +3
셀렌	Se	-2, +4, +6	석	Sn	+2, +4
텔루르	Te	-2, +4, +6	금	Au	+1, +3
불소	B	-1	은	Ag	+1
나트리움	Na	+1	월프람	W	+6
칼리움	K	+1			

3. 전형원소의 전기음성도와 원자반경(nm)

족 주기	1	2	12	13	14
1	$H^{2.1}_{0.037}$				
2	$Li^{1.0}_{0.155}$	$Be^{1.5}_{0.112}$		$B^{2.0}_{0.091}$	$C^{2.5}_{0.077}$
3	$Na^{0.9}_{0.189}$	$Mg^{1.2}_{0.160}$		$Al^{1.5}_{0.143}$	$Si^{1.8}_{0.117}$
4	$K^{0.8}_{0.235}$	$Ca^{1.0}_{0.197}$	$Zn^{1.65}_{0.133}$	$Ga^{1.6}_{0.139}$	$Ge^{1.7}_{0.122}$
5	$Rb^{0.8}_{0.248}$	$Sr^{1.0}_{0.216}$	$Cd^{1.69}_{0.149}$	$In^{1.7}_{0.166}$	$Sn^{1.8}_{0.141}$
6	$Cs^{0.7}_{0.268}$	$Ba^{0.9}_{0.218}$	$Hg^{2.0}_{0.150}$	$Tl^{1.8}_{0.171}$	$Pb^{1.8}_{0.154}$
7	$Fr^{0.7}_{-}$	$Ra^{-}_{0.222}$			

족 주기	15	16	17	18
1				$He^{-}_{0.150}$
2	$N^{3.0}_{0.077}$	$O^{3.5}_{0.074}$	$F^{4.0}_{0.071}$	$Ne^{-}_{0.159}$
3	$P^{2.1}_{0.110}$	$S^{2.5}_{0.104}$	$Cl^{3.0}_{0.099}$	$Ar^{-}_{0.191}$
4	$As^{2.0}_{0.121}$	$Se^{2.4}_{0.117}$	$Br^{2.8}_{0.114}$	$Kr^{-}_{0.201}$
5	$Sb^{1.9}_{0.141}$	$Te^{2.1}_{0.137}$	$I^{2.6}_{0.133}$	$Xe^{-}_{0.220}$
6	$Bi^{1.9}_{0.155}$	$Po^{2.0}_{0.167}$	$At^{2.2}_{0.145}$	$Rn^{-}_{0.24}$
7				

4. 몇가지 불탈수 있는 물질의 발화온도근사값

물질	발화온도/℃	물질	발화온도/℃
흰린	40	알콜	510
붉은린	260	수소	530
류황	280	메탄	650
활성탄	350	일산화탄소	650
나무	420~470	콕스	700
무연탄	500		

5. 단순물의 성질과 용도

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} / 굳기(모오스)	녹음점/℃ / 끓음점/℃	화학성질	용도
규소 Si (재색)	2.4 / 7	1 420 / 2 600	O_2, X_2, S와 작용 HNO_3, NaOH와 작용	반도체재료, 탈산제로, 산견딜성 및 열견딜성합금제조에 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
금 Au (누런색)	19.3 2.5	1 063 2 600	Cl_2, Br_2, S 및 왕수와 작용	도금, 장식용으로, 방사성금으로는 암치료용 침제조에 리용
게르마니움 Ge (밤색)	5.32 6	958. 5 2 700	O_2, X_2과 작용 H_2O, H_2S, NH_3과 작용	반도체재료, 광학유리생산, 형광물질 제조에 리용
나트리움 Na (은백색)	0.97 0.4	97.8 882	O_2, H_2, Cl_2, S와 작용 H_2O, NH_3, C_2H_5OH, $TiCl_4$과 작용	Si, B, Ti 환원, 합금제조에 리용
니켈 Ni (은백색)	8.85 3.8	1 452 2 900	보통온도에서 공기, H_2O, X_2, S와 작용하지 않으나 열주면 반응	합금형태로 도금에, 수소부가촉매로, 니크롬선 제조에 리용
네온 Ne (무색)	0.900 2 -	-249 -246	안정함	네온등, 방전관, 신호등 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} / 굳기(모오스)	녹음점/℃ / 끓음점/℃	화학성질	용도
동 Cu (붉은색)	8.9 / 3.0	1 083 / 2 300	O_2, X_2, S와 HNO_3, 질은 H_2SO_4, NH_3과 작용	전기줄, 전기기계, 전기설비, 합금(청동, 황동)만드는데, 도금에 리용
류황 S 사방류황 (누런색)	2.07 / -	112.8 / 444.6	O_2, H_2, C, Fe, Al과 금속산화물 CdO, 산 H_2SO_4, HNO_3과 작용	용매인 CS_2과 SO_2 만드는데, 농약, 의약품제조, 가류제로, 화약, 성냥, 물감, 색감 만드는데 리용
단사류황 (연한 누런색)	1.96 / -	119.25 / 444.6		
리티움 Li	0.534 / 0.6	186 / 1 370	O_2, H_2과 H_2O, HNO_3, 묽은 HCl, 묽은 H_2SO_4과 작용	합금 만드는데 리용 ·Mg과의 합금은 경금속재료 ·Al과의 합금은 비행기, 로케트재료 ·LiH는 수소를 저장하거나 운반하는데

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
				리용 · LiO는 U보다 약 5배의 위력을 가지므로 열핵에네르기리용에서 중요 · LiO_2은 많은 산소를 내므로 잠수부와 비행사들의 산소공급원천으로 리용
린 P 흰린 붉은린	2.2 – 2.36 –	44 – 열주면 증기로 됨 –	흰린은 공기속에서 불탄다. 린은 O_2, X_2, S와 Ca, Al과 반응, HNO_3, KOH와도 반응	흰린은 연막제로, 붉은린은 성냥재료로 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
마그네시움 Mg (은백색)	1.74 2.5	650 1 103	O_2, X_2, N_2, S, P와 반응 H_2O, HCl, CO, CO_2 그리고 많은 금속산화물과 금속염을 환원하여 금속을 갈라냄 수은과 아말감을 만들고 많은 금속과 합금을 잘 형성	쉽게 산화되므로 Ti, Zr, U 등을 순수한 금속으로 만드는데, 금속제련에서 산화물, 류화물 없애는데, 경합금 만들어 비행기, 자동차를 비롯한 여러가지 기계 만드는데, 불타기 쉽고 불탈 때 많은 열과 눈부신 빛을 내므로 소이탄, 조명탄, 축포탄 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g · cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
망간 Mn (은백색)	7.44 6	1 260 1 900	O_2, Cl_2, F_2, S, N, C, Si, B와 작용 HCl, 묽은 H_2SO_4과 반응	강철을 만들 때 탈산제로, 망간강 만드는데, 망가닌과 같은 유색금속합금 만드는데 리용
몰리브덴 Mo (은백색)	10.2 5.5	2 620 4 800	O_2, X_2, S, N_2, C와 작용 HCl, 묽은 H_2SO_4과는 반응하지 않으나 열을 주면 왕수, 질산에는 풀림 알카리와 반응	합금원소로서 합금강, 특히는 녹쓸지 않는 강을 만드는데, 전기기구와 전자기구를 만드는데 리용 몰리브덴화합물은 색감으로, 유리, 도자기공업에 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
바리움 Ba (은백색)	3.5 1.3	850 1 140	O_2, N_2, H_2, Cl_2과 작용 Hg과는 쉽게 아말감형성 CO_2, H_2O, 질은 HNO_3, 질은 H_2SO_4과 반응	합금으로, 베아링, 인쇄활자, 휘발유기관의 점화전극 만드는데, 기체를 세게 흡수하므로 진공관에, 유리나 법랑 만드는데 리용 $Ba(OH)_2$은 알카리축전지의 액을 되살리는데, 농약으로, 축포탄과 신호탄 만드는데 리용
불소 F_2 (연한 누런풀색)	1.69 (액체) -	-223 -187	H_2O와 세차게 반응하여 산소를 내보냄 SiO_2과 반응하여 산소를 내보냄	불소수지 만드는데, 유리가공에 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} / 굳기 (모오스)	녹음점/℃ / 끓음점/℃	화학성질	용도
붕소 B (재색 결정)	2.4 / 9.3	2 300 / 2 550	O_2, X_2, S, N_2과 반응 H_2과는 반응하지 않음 SiO_2, P_2O_5에서 Si, P 환원, HNO_3, H_2SO_4, NaOH와 작용	중성자흡수성질이 있으므로 핵반응속도를 조절하며 중성자의 영향으로부터 생물체 보호, 유리, 법랑 만드는데, 미량원소비료로, 반도체재료로 리용
브롬 Br_2 (붉은 밤색)	3.12 / –	-7.2 / 58.8	비금속은 P, S와만 직접 작용, Na, K, Al, Fe, Zn과 반응, H_2O, H_2S에서 수소를 떼냄	브롬화물 만드는 원료, 의약품, 물감, 사진재료 만드는데 리용
비소 As (재색)	5.7 / –	633 / 612 (승화)	O_2, X_2 및 많은 비금속, 금속과 직접 반응, 많은 금속들과 합금 형성, HNO_3, 질은 H_2SO_4에 산화되여 비산(H_3AsO_3)이나 아비산(H_3AsO_3)으로 됨, 알카리와 함께 녹이면 비화수소(아르신 H_3As)와 아비산염으로 됨	합금 만드는데, 비소화합물은 칠감, 농약으로 리용(독성이 매우 세다.)

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
비스무트 Bi (붉은색을 띤 은백색)	9.8 2.25	271.25 1 427	O_2, X_2, S와 직접 작용 여러 금속과 합금 형성 염산, 묽은 류산과 반응하지 않음 질산, 뜨거운 짙은 류산과 반응 짙은 질산에는 부동태화됨	녹기 쉬운 합금 만드는데, 의약품으로 리용
백금 Pt (은백색)	21.5 -	1 773 4 300	O_2와 작용하지 않음 Cl_2과는 반응하여 $PtCl_2$을 형성 Sn, As, Sb, Bi, Ag, Pb 기타 금속과 녹음점이 낮은 합금을 만드므로 이런 물질은 백금도가니로 리용하지 못함 열줄 때 수소를 세게 흡장 많은 량의 O_2와 He도 흡장 왕수에만 작용 높은 온도에서 알카리의 작용을 받음	백금망 또는 백금용기, 촉매, 도량형기, 고온계, 전기로의 가열선, 전기회로의 접촉선, 전기분해용 전극 등으로 리용
베릴리움 Be (은백색)	1.85 6.5	1 350 1 500	Al과 성질이 비슷함 O_2, X_2과 반응 S, N_2, P, C, Si와 작용 H_2O과는 작용하지 않음 묽은 HCl, 묽은 H_2SO_4과 반응 알카리와 반응하여 수소를 냄 ※ 가루나 증기가 사람의 몸안에 들어가면 위험함	합금 만드는데, 원자로에서 중성자의 속도를 늦추는 감속제로 리용 α 선을 쪼이면 핵반응을 일으켜 중성자를 내므로 중성자원천으로 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
산소 O_2 (무색)	1. 43 –	-218.9 -183.0	H_2, C, Si, N_2, P, S, Na, Mg, Al, Cu, Zn, Fe와 작용 CO, SO_2, H_2S, PbS, ZnS, FeS_2, Cu_2S, NO와도 반응	강철과 카바이드 만드는데, NH_3을 산화하여 HNO_3을 만드는데, 환자, 비행사, 잠수부의 숨쉬기에, 산소-아세틸렌용접에, 액체산소는 로케트연료를 태우기 위한 산화제로 리용
오존 O_3 (푸른색)	2.2 –	-251 -111.9	오존은 쉽게 분해되여 원자상태의 산소를 내기때문에 산소보다 더 센 산화제 례: $O_3+2KI+H_2O \leftrightarrows O_2+I_2+2KOH$	공기, 음료수, 기구 및 도구소독에, 양털, 비단등을 바래는데, 식료품공업에서 살균제로 리용
석 Sn (은백색)	7.2 1.5	231.9 2 270	O_2, X_2, S, P와 작용 Cu, Mg, Zn 등과 합금형성 H_2O, H_2S, HCl, H_2SO_4, HNO_3과 반응 뜨거운 알카리와 반응	철판도금, 합금 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
수소 H_2 (무색)	0.089 -	-259.14 -252.8 (액체)	보통온도에서 F_2와 직접 반응 Cl_2과는 빛을 쪼일 때 반응 높은 온도에서 N_2와 반응하여 NH_3을 생성, O_2속에서 불탐 NaH, CaH_2과 같은 수소화물을 만듦 높은 온도에서 산화물의 산소를 빼앗는 환원작용(CuO, WO_3과 반응)	NH_3, HCl, CH_3OH 합성에, 금속환원제로, 불탈 때 많은 열을 내므로 백금 및 석영제품 가공에, 비료생산, 수소연료, 기구에 넣는 기체로 리용
수은Hg (은백색)	13.55 -	-39 357	마른 공기속에서 변하지 않음 열주면 천천히 산화되여 붉은색의 산화수은으로 됨 S, X_2과 쉽게 반응 금속과 아말감형성 산화성이 있는 산인 HNO_3과 뜨거운 짙은 H_2SO_4, 왕수에만 작용 알카리와는 반응하지 않음	열팽창결수가 특별히 작고 온도에 따라 체적이 직선적으로 변하기때문에 온도계, 기압계 등 측정계기 만드는데, 열 및 전기전도도가 아주

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/°C 끓음점/°C	화학성질	용도
				작기때문에 열 및 전기전도도를 비교할수 있는 표준물질로, 교류를 직류로 바꾸기 위한 수은정류기 만드는데, 기폭약과 수은아말감 만드는데 리용
스트론티움 Sr (은백색)	2.6 1.5	770 1 357	O_2, H_2, X_2, C, Si, N_2, S와 직접 반응 수은과 아말감 형성, 다른 금속과 합금 만듦 H_2O과 세차게 반응하여 수소기체를 내며 HCl, H_2SO_4, HNO_3과도 작용	합금 만드는데, 발광물질, 빛전지 만드는데, 높은 온도에서 밝은 붉은색을 내므로 축포탄과 신호탄의 화약만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
세시움 Cs (은백색)	1.9 0.2	29 670	O_2, F_2, Cl_2, H_2과 직접 반응 H_2O과 폭발적으로 반응 NH_3과 반응하여 수소기체 발생 -116℃에서 얼음분해 화합물에서 다른 금속을 환원 $2Cs+Na_2O=Cs_2O+2Na$	빛전지 만드는데, Ca, Ba과의 합금은 공기가 조금만 있어도 산화반응을 하므로 진공을 얻는데 리용
셀렌 Se (재색)	4.82 -	220 688	O_2, H_2, P, 금속들과 직접 작용 H_2O, HCl, 묽은 H_2SO_4과 반응하지 않음 짙은 H_2SO_4과는 반응	반도체로 셀렌빛전지, 정류기 만드는데, 반도체적 성질을 가진 셀렌화합물 만드는데, 무정형셀렌은 유리속에 분산시켜 붉은 유리를 만드는데, 합금 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} / 굳기(모오스)	녹음점/℃ / 끓음점/℃	화학성질	용도
지르코니움 Zr (은백색)	6.498 / 5.0	1 900 / 2 900 이상	O_2, X_2, H_2, S, N_2, C, B와 직접 반응 H_2, O_2, N_2를 잘 흡수, HF, HNO_3을 섞은 산, 짙은 H_2SO_4, 왕수에 풀리며 알카리와 함께 녹이면 반응	합금 만드는데, Mg과의 합금은 로케트발동기재료로, Zr 0.1% 넣은 지르코니움강은 굳고 질기므로 장갑판, 불도젤날 만드는데, 중성자를 잘 빨아들이지 않으므로 원자로에서 핵연료의 표피재료로 리용
질소 N_2 (무색)	1.25 / -	-209.9 / -195.8	높은 온도, 촉매조건에서 많은 비금속, 금속과 반응 (Ca, Mg, Al, B, Si, H_2, O_2) $N_2+3H_2 \leftrightarrows 2NH_3$ $N_2+O_2 \leftrightarrows 2NO$ $3Mg+N_2=Mg_3N_2$ $2B+N_2=2BN$ 카바이드와 반응하여 석질 만듦 $CaC_2+N_2=CaCN_2+C$	암모니아합성에, 질산, 질화물 만드는데 리용, 전등에 넣어 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
철 Fe (은백색)	7.9 4.5	1 535 3 000	O_2, Cl_2, S, P과 높은 온도에서 세차게 반응 C, Si와도 직접 화합 금속들과도 화합하며 H_2O과 반응하여 수소를 발생 묽은 HCl, H_2SO_4, HNO_3과 반응 질은 산에 부동태화됨 뜨거운 질은 알카리, NH_3, CO와 반응	순수한 철은 용접이 잘되며 자기적성질이 좋으므로 특수한 물리적성질을 요구하는 기술분야에 리용
카드미움 Cd (은백색)	8.7 2.0	321 767	O_2, S, X_2과 직접 반응 H_2, N_2, C와는 직접 반응하지 않음 묽은 HCl, H_2SO_4, HNO_3과 작용	합금 특히 쉽게 녹는 합금을 만드는데, 카드미움청동은 굳고 질기며 잘 닳지 않으므로 전차나 전기철도의 전기줄로, 중성자를 잘 흡수하므로 원자로에 리용 알카리축전지에 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
칼리움 K (은백색)	0.85 0.5	63 776	O_2, H_2, X_2, S, P, Hg와는 세차게 반응, 아말감 형성 H_2O, C_2H_5OH, NH_3, HX, H_2S와 반응, 다른 금속의 규산염, 린산염, 산화물, 수소화물을 환원하여 그 금속을 갈라냄 많은 금속과 합금 형성	자외선을 받으면 전자를 방출하므로 빛전지를 만드는데 리용 칼리움화합물의 원료로 리용 Na보다 센 환원제로서 유기화합물 합성에 리용 높은 온도에서 보라색을 내므로 축포탄 만드는데 리용 합금 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
칼시움 Ca (은백색)	1.5 1.8	850 1 240	O_2, H_2, N_2, X_2, S, C, Si와 작용 많은 산화물을 환원할수 있음 $TiO_2+2Ca=Ti+2CaO$ $2H_2O+Ca=Ca(OH)_2+H_2$ HCl, H_2SO_4, HNO_3과 세차게 반응 C_2H_5OH와도 반응	많은 금속 및 합금을 만들때 산소를 떼여내는 탈산제로, 강철속의 S을 없애는데 리용 Ti, V, U같은 금속의 산화물을 환원하여 금속을 얻는데 리용 붉은 감색의 축포탄을 만드는데 리용 야광시계문자판에도 리용 CaH_2은 운반용 수소원천으로 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
코발트 Co (은백색)	8.9 5.6	1 492 3 100	공기나 물에 안정 300℃이상에서 X_2, S, P, As, Sb와 반응 B, Si, C, 금속들과 화합 HCl, 묽은 H_2SO_4, HNO_3, 왕수와 반응 짙은 H_2SO_4, 발연류산에는 부동태화됨 빨갛게 달굴 때 알카리와 반응	고속도강을 비롯한 특수강과 열에 견디는 합금, 부식에 견디는 합금 등을 만드는데, 영구자석 만드는데, 방사성 코발트 ^{60}Co는 병치료에 리용
크롬 Cr (은백색)	7.2 8.5	1 615 2 200	부동태화되기때문에 보통온도에서 공기나 물속에서 아주 안정 열주면 O_2, X_2, S, N_2, C, Si와 직접 화합 H_2과는 반응하지 않음 HCl, H_2SO_4과 반응 짙은 질산과 왕수와 같은 산화력이 센 산과도 작용하지 않음	합금원소로서 크롬강(녹쓸지 않는 강, 내열강, 내산강) 만드는데, 도금색감 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
크립톤 Kr (무색)	3.708 -	-157 -153	매우 안정 불화물만을 만듦	전등을 채우는데, 낮은 압력하에서 높은 온도로 방전시키면 풀색빛을 내므로 저압방전관에서 리용
크세논 Xe (무색)	5.851 -	-112 -108	불화물만을 만듦	가스전등에 리용
탄소 C 금강석 (맑은 결정) 흑연 (검은 재색)	3.52 10 2.23 1	3 570 4 200 3 600 (승화) 4 200	흑연은 O_2, H_2, S와 직접 작용 양성원소들과 탄화물을 만듦 (Al, Ti, Ca, Si, B 등) 높은 온도에서 환원제적성질을 가짐 빨갛게 단 탄층에 수증기를 불어넣으면 물이 분해 $C+H_2O=CO+H_2$	금강석은 보석으로, 정밀기계의 바이트, 유리칼 만드는데 리용 흑연은 연료로, 환원제로, 전극, 도가니, 윤활제, 연필 만드는데 그리고 원자로에서 중성자의 감속제로 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
				활성탄은 흡착제, 촉매로, 탄소고무의 채움감, 색감, 인쇄잉크 만드는데 리용
탈리움 Tl (은백색)	11.9 0.037	304 1 487	마른 공기속에서 안정 누기찬 공기속에서 산화되기 쉽고 산화물막 형성 O_2, S, X_2과 반응	부식에 견디는 합금 만드는데 리용
티탄 Ti (은백색)	4.54 6.0	1 800 3000이상	O_2, X_2, N_2, C, B와 반응 H_2, O_2, N_2 흡장 HCl, HF, 짙은 H_2SO_4, 왕수와도 반응 열을 주면 알카리와도 작용	티탄의 합금은 굳고 가벼우며 열과 부식에 잘 견디므로 비행기, 잠수함, 화학장치, 의료기구 만드는데 리용 순금속은 자동화기구와 자동화요소 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
헬리움 He (무색)	0.178 5 -	-272 -269	모든 물질들가운데서 녹음점, 끓음점이 가장 낮음 최외전자층에 전자 2개를 가지고있는 안정한 전자구조	기구용 기체로, 낮은 온도를 재는 기체온도계에 리용 Mg, Al 금속용접에서 금속이 공기에 의해 산화되지 않도록 하는데 리용
아르곤 Ar (무색)	1.784 -	-189 -186	다찬전자구조를 가지고있으므로 안정	진공방전시킬 때 붉은 빛을 내므로 붉은등에, 백열등, 형광등의 채움기체로 리용
아연 Zn (은백색)	7.14 2.5	419 907	O_2, X_2, S와 작용 C, H_2, N_2과는 높은 온도에서도 반응하지 않음 높은 온도에서 H_2O, NH_3과 반응 산화력이 없는 산과 알카리와 작용하여 수소 발생 산화력이 있는 짙은 H_2SO_4, HNO_3과 잘 반응	합금을 만드는데, 아연도금 하는데, 건전지 만드는데, 아연화 만드는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
안티몬 Sb	6.7 3.0	630.5 1 380	O_2, F_2, Cl_2과 반응 S, As, P과 녹일 때 반응 H_2O, 묽은 HCl과 반응하지 않음 짙은 HCl, 짙은 H_2SO_4과 반응	연에 안티몬을 넣은 합금은 굳으므로 연축전지의 극판이나 화학장치, 관 만드는데, 반도체재료로 리용
알루미니움 Al (은백색)	2.7 2.6	660 2 057	O_2, X_2, S, N_2, C와 반응 (Al_2S_3, AlN, Al_4C_3) 금속산화물에서 산소를 빼앗는다. 높은 온도에서 수증기와 반응 산, 알카리와도 반응 짙은 HNO_3에는 부동태화	화학기구, 가정용그릇 만드는데, 은분색감으로, 전기전도성이 좋고 가벼우므로 전기줄, 전기기구 만드는데, 테르미트법으로 금속 얻는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기(모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
연 Pb (연푸른색)	11.34 1.54	327.4 1 740	열주면 O_2, X_2, S와 반응 수증기와 작용 SO_2, 질은 H_2SO_4과 뜨거운 질은 염산, 질산과 반응 뜨거운 질은 알카리와도 작용	까벨선, 축전지의 극판만드는데, 부식에 잘 견디므로 H_2SO_4, HF에 견디는 장치나 장치의 안붙임에 리용 합금과 색감 만드는데, 방사선을 잘 막아주므로 방사선, 방어설비 만드는데 리용
염소 Cl_2 (연한 누런풀색)	3. 22 -	-101.6 -34.6	드문가스, O_2, N_2, C를 제외한 거의 모든 단순물들과 직접 작용함 CH_4, H_2O, $Ca(OH)_2$과 작용	간장, 된장, 염화비닐, 모비론과 같은것을 만드는데, 농약, 합성고무, 의약품 만드는데, 표백분 만들어 팔프와 종이, 천을 표백하는데 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} / 굳기 (모오스)	녹음점/℃ / 끓음점/℃	화학성질	용도
요드 I_2 (보라색)	4.03 -	113.5 184.5	H_2, Si, P, X_2과 직접 반응 금속과는 물기가 있으면 보통온도에서 반응 특히 Mg, Ca, Zn, Hg, Cu, Ag와 쉽게 반응, H_2O, 알카리와 반응, 산과는 반응하지 않음 농마와 작용하여 푸른색을 띤다.(요드알아내는 반응) H_2S와 작용	살균작용을 하므로 요드팅크 만드는데, 사진재료로 리용, 갑상선치료에 리용
은 Ag (은백색)	10.5 2.7	961 1 950	공기속에서 열을 주어도 작용하지 않음 Cl_2, S와 쉽게 반응 H_2S와도 쉽게 반응 질은 H_2SO_4과 HNO_3과만 반응 KCN과 반응하여 착화합물을 형성	전기전도성과 열전도성이 금속들가운데서 제일 크므로 정밀전기기계의 도선으로, 도금하는데, 장식품, 가정용품 만드는데, 이발재료로 리용 살균소독작용이 세므로 의학에서 리용, 사진재료로 리용

이름과 색갈	밀도/g·cm^{-3} 굳기 (모오스)	녹음점/℃ 끓음점/℃	화학성질	용도
월프람 W (은백색)	19.3 7.5	3 380 5 900	O_2, Cl_2, F_2과 직접 반응 높은 온도에서는 C, Si, N_2와도 반응 뜨거운 HF와 HNO_3을 섞은 산과만 작용	합금원소로서 특수강(고속도강) 만드는데 리용 전등의 실줄, 전극 등에 리용

6. 무기화합물의 성질과 용도

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
산화물						
산화규소(Ⅳ)	SiO_2 (무색)	1 710 2 230	용해되지 않음	–	HF에만 용해	연마제, 건조제
산화나트리움	Na_2O (흰색)	400(분해) –	용해	용해	알콜에 분해	축합반응의 탈수제
산화니켈(Ⅱ)	NiO (검은색)	분해 –	용해되지 않음	용해되지 않음	산에 용해	유리, 도자기착색제

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
산화니켈(Ⅲ)	Ni_2O_3 (검은색)	분해 –	용해되지 않음	용해되지 않음	HCl에 용해	수산화물은 알카리축전지의 양극재료
산화동(Ⅰ)	Cu_2O (붉은색)	1 232 1 800	용해되지 않음	용해되지 않음	HCl, NH_4OH에 용해	붉은 색감, 광전지 만드는데
산화동(Ⅱ)	CuO (검은색)	1 026 (분해) –	용해되지 않음	용해되지 않음	산, KCN, NH_4Cl에 용해	풀색색감, 유리칠감
이산화류황	SO_2 (무색)	-75.5 -10.0	22.8 (0℃)	4.5 (50℃)	H_2SO_4, 알콜, 초산에 용해	류산만드는 원료, 표백제, 환원제, 랭동기의 랭매
삼산화류황	SO_3 (무색)	16.8 44.8	용해	–	H_2SO_4에 용해	류산제조, 유기물질의 술폰화
오산화린	P_2O_5 (흰색)	563 367 (승화)	분해 (H_3PO_4까지)	분해	H_2SO_4에 용해	매우 센 건조제, 탈수제
산화마그네시움	MgO (무색)	2 800 3 600	0.000 62 (0℃)	–	산, 암모니움염에 용해	내화재료, 종이, 유리, 고무공업에
이산화망간	MnO_2 (검은 밤색)	535 (산소분리) –	용해되지 않음	용해되지 않음	HCl에 용해	물감, 칠감, 망간강, 산화제, 성냥, 건전지

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
산화바리움	BaO (무색)	1 923 2 000	1.5 (0℃)	90.8 (80℃)	HCl, HNO_3, 알콜에 용해	탈수제, 광학유리 만드는데
산화비소 (단사)	As_2O_3 (무색)	315 –	1.2 (0℃)	11.46 (20℃)	산, 알카리, 알콜에 용해	의약품
산화비스무트	Bi_2O_3 (누런색)	820 1 900	용해되지 않음	용해되지 않음	산에 용해	가죽이김, 종이나 수지의 방염가공에
산화석 (Ⅱ)	SnO (검은색)	분해 –	용해되지 않음	용해되지 않음	산에 매우 적게 용해	전극용 재료, 촉매, 요업용 원료, 유리착색원료
산화석 (Ⅳ)	SnO_2 (흰색)	1 127 –	용해되지 않음	용해되지 않음	짙은 H_2SO_4에 용해	유리, 도자기, 색감, 화장품
산화수은 (Ⅱ)	HgO (누런색)	500(분해) –	0.005 2 (25℃)	0.00 4 1 (100℃)	산에 용해	칠감, 살균제
산화질소	NO (무색)	-161 -151	7.34 (0℃)	2.37 (60℃)	알콜, 류산에 용해	질산의 중간생성물

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
이산화질소	NO_2 (붉은밤색)	-9.3 21.3	분해	-	HNO_3, H_2SO_4, 클로로포름, CS_2에 용해	질산생산에
산화철(Ⅱ)	FeO (검은색)	1 420 -	용해되지 않음	용해되지 않음	산에 용해	검은 색감, 인쇄잉크, 철의 원료
산화철(Ⅲ)	Fe_2O_3 (붉은밤색)	1 550 (분해) -	용해되지 않음	-	HCl에 용해	유리공업에서 연마제로, 붉은 색감, 철의 원료
산화칼시움	CaO (무색)	2 572 2 850	0.13	0.052	산에 용해	표백분, 충진제원료로, 야금행정에서 녹임감으로, 물의 정화에
산화코발트(Ⅱ)	CoO (밤색)	1 935 -	용해되지 않음	용해되지 않음	산, 암모니아수에 용해	안료로서 도자기, 유리 등을 물들이는데

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
산화코발트(Ⅲ)	Co_2O_3 (검은색)	900(분해) –	용해되지 않음	용해되지 않음	산, 암모니아수에 용해	뽀베지트 만드는데, 유리, 도자기, 법랑 안료로, 용접공업에 리용
산화크롬(Ⅲ)	Cr_2O_3 (짙은 풀색)	2 265 3 000	용해되지 않음	용해되지 않음	산에 적게 용해	유리, 연마제, 도자기 착색제
산화크롬(Ⅳ)	CrO_2 (붉은 밤색)	197 –	166 (0℃)	199 (100℃)	H_2SO_4, 알콜, 에테르에 용해	가죽이김 및 산화제
일산화탄소	CO (무색)	-191.5 -205.0	3.5 (0℃)	2.0 (30℃)	알콜, 벤졸, 초산에 용해	연료, 광석환원, 유기합성원료
이산화탄소	CO_2 (무색)	– –	171.3 (0℃)	90.1 (100℃)	아세톤, 알카리에 용해	청량음료, Na_2CO_3의 원료, 의약품
산화아연	ZnO (흰색)	2 000 1 300 (승화)	0.00042 (18℃)	–	산, 알카리, NH_4Cl에 용해	수채화구용 흰색감, 에나멜, 의약품, 화장품 제조

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g · 100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
산화알루미니움	Al_2O_3 (무색)	2 050 2 250	용해되지 않음	용해되지 않음	산에 매우 적게, 알카리에 용해	유기용매의 탈수, 정제, 흡착제, 내화제, 연마제
산화연(Ⅱ)	PbO (누런색)	900 -	적게 용해	-	알카리, NH_4Cl, $CaCl_2$에 용해	연축전지의 극판, 색감, 유약제조
산화연(Ⅳ)	PbO_2	290 (분해) -	용해되지 않음	용해되지 않음	초산, 뜨거운 알카리에 용해	연축전지의 양극판, 산화제로, 보일유 제조
산화은(Ⅰ)	Ag_2O (밤색)	300 (분해) -	1.74 (0℃)	5.5 (80℃)	묽은 HNO_3, 암모니아수, KCN에 용해	유기화학에서 촉매로
산화은(Ⅱ)	AgO (검은재색)	300 (분해) 	-	-	-	분석시약으로서 Mn, Cr, Ce을 산화시키는 산화제

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
산화 월프람(Ⅵ)	WO_3 (누런색)	1 473 –	용해되지 않음	적게 용해	암모니아수, 알카리에 용해	금속월프람의 제조원료로, 촉매로, 알콜생산에
과산화 나트리움	Na_2O_2 (누런 밤색)	(분해) –	용해	분해	묽은 산에 용해	센 산화제로서 섬유의 표백제, 굴안이나 잠수함에서 CO_2을 O_2로 바꾸는데
과산화 바리움	BaO_2 (흰색)	450 0.800 (분해)	아주 적게	분해	과잉의 산에 용해, 아세톤에 용해되지 않음	산화제로 천을 표백하는데, 과산화수소 제조
과산화 수소	H_2O_2 (무색)	89(산소 분해) 151.4	잘 용해	잘 용해	산, 에스테르에 용해	센 산화제로서 바램약, 3% 용액은 소독약으로, 폭약, 로케트연료로
<u>산</u> 류산	H_2SO_4 (무색) 98.3%	10.49 338.8 (분해)	무한히 용해	무한히 용해	알콜에 분해	화학비료, 물감, 화약, 가소제, 여러가지 산과 염만드는데, 섬유공업, 연축전지, 건조제로

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
피로류산	$H_2S_2O_7$ (무색)	35 (분해)	분해	-	알콜에 분해	산화제, 탈수제, 술폰화제로
질산	HNO_3 (무색)	-41.6 84.1	무한히 용해	무한히 용해	알콜과 섞으면 폭발	질안비료, 질산염, 폭발물, 물감, 의약품 제조
린산(*o*-)	H_3PO_4 (무색)	42.35 213	548	잘 용해	알콜에 용해	린비료, 린산염 제조
염산	HCl (무색) (37%)	-112 -83.7	82.3 (0℃)	56.1 (60℃)	알콜, 에테르, 벤졸에 용해	합성고무, 물감, 의약품, 간장, 된장, 포도당 만드는데, 금속의 녹제거에
염기 수산화나트리움	NaOH (흰색)	318.4 1 390	43.2 (0℃)	341 (100℃)	알콜, 글리세린에 아주 잘 용해, 아세톤에 용해되지 않음	종이, 천, 비누 만드는데, 알림약, 이산화탄소의 흡수제, 원유와 기름 정제
수산화니켈(Ⅲ)	$Ni(OH)_3$ (검은색)	(분해) -	용해되지 않음	용해되지 않음	산, 암모니아수, NH_4Cl에 용해	알카리축전지 만드는데

이름	화학식	녹음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
		끓음점/℃	찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
수산화동(Ⅱ)	$Cu(OH)_2$ (푸른색)	$-H_2O$ / -	용해되지 않음	분해	산, 암모니아수에 용해	동의 화합물 만드는데
수산화리티움	LiOH (흰색)	445 / 925	12.7 (0℃)	17.5 (100℃)	알콜에 적게 용해	리티움화합물 만드는데, 사진현상제로
수산화마그네시움	$Mg(OH)_2$ (무색)	(분해) / -	0.000 9 (18℃)	0.004 (100℃)	산, 암모니움염에 용해	위의 과산증환자의 치료약
수산화바리움	$Ba(OH)_2$ (흰색)	- / -	1.67 (0℃)	101.4 (80℃)	-	바리움화합물 만드는데
수산화철(Ⅲ)	$Fe(OH)_3$ (붉은밤색)	500 ($-1.5H_2O$) / -	0.00 0 048 (18℃)	-	산에 용해, 알콜, 에테르에 용해되지 않음	흡착제로
수산화칼리움	KOH (흰색)	360.4 / 1 320	97 (0℃)	178 (100℃)	알콜, 에테르에 잘 용해	칼리움비누, 칼리움염 만드는데, CO_2 흡수제로
수산화칼시움	$Ca(OH)_2$ (흰색)	580 ($-H_2O$) / -	0.185 (0℃)	0.077 (100℃)	NH_4Cl에 용해	건설용, 비료, 산성토양중화제로

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
수산화알루미니움	$Al(OH)_3$ (흰색)	300 ($-2H_2O$) -	0.000 104 (18℃)	용해되지 않음	산, 알카리에 용해	흡착제로 물을 정제하는데, 물감 들이는데
염 류산나트리움 (망초)	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (무색)	32.4 (분해) -	44.9 (0℃)	192 (50℃)	알콜에 용해되지 않음	류화나트리움, 유리, 팔프인조섬유, 합성섬유, 응고액, 물때막이감
류산나트리움	Na_2SO_4 (무색)	884 (분해) 1 200	5(0℃)	42.5 (100℃)	알콜에 용해되지 않음	유리제조원료로, 의약에
류산니켈	$NiSO_4$ (누런풀색)	840 ($-SO_3$) -	27.2 (0℃)	66.7 (80℃)	알콜에 용해되지 않음	니켈도금액, 색감원료
류산동(Ⅱ)	$CuSO_4$ (흰색)	200 600~700 (분해)	20.8 (20℃)	73.6 (100℃)	알콜에 용해되지 않음	건조제, 탈수제
류산동 (청반)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (푸른색)	110 ($-4H_2O$) 250 ($-5H_2O$)	25.2 (0℃)	잘 용해	알콜에 용해	유리착색제, 농약, 미량원소비료, 부식방지제
류산마그네시움	$MgSO_4$ (흰색)	1 785 -	26.9 (0℃)	50.4 (100℃)	알콜에 용해	의약품, 물들이는데

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
류산망간	$MnSO_4$ (풀색)	700 850 (분해)	53 (0℃)	73 (50℃)	알콜에 용해, 에테르에 용해되지 않음	유기물질과 섞어서 폭발물 만드는데
류산바리움 (중정석)	$BaSO_4$ (무색)	1 580 1 200	0.000 17 (0℃)	0.000 285 (30℃)	짙은 H_2SO_4에 조금 용해	흰색감, 렌트겐투시에
류산석(Ⅱ)	$SnSO_4$ (흰색)	360 ($-SO_2$) -	19 (19℃)	18 (100℃)	HNO_3, H_2SO_4에 용해 HCl에 용해되지 않음	석도금, 물들이기에 리용
류산수은(Ⅰ)	Hg_2SO_4 (흰색)	7.56 분해	0.055 (16.5℃)	0.092 (100℃)	H_2SO_4, HNO_3에 용해	표준전지 만드는데, 유기물질의 산화촉매로
류산수은(Ⅱ)	$HgSO_4$ (흰색)	분해 -	분해	-	산에 용해, 초산, 알콜, NH_3에 용해되지 않음	아세틸렌으로 아세트알데히드 만들 때의 촉매로
류산철(Ⅱ) (록반)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (푸른 풀색)	64 300 ($-7H_2O$)	15.35 (0℃)	48.6 (50℃)	알콜에 용해되지 않음	잉크, 색감 만드는데, 천을 물들이는데, 방부제로

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
류산철(Ⅲ)	$Fe_2(SO_4)_3$ (흰색)	480(분해) –	적게 용해	분해	H_2SO_4, 암모니아수에 용해되지 않음	천 물들이기, 물정화에
류산 칼리움	K_2SO_4 (무색)	1 069 –	735 (0℃)	24.1 (100℃)	유기용매에 용해되지 않음	명반 만드는데, 유리생산, 카리비료로
류산 칼시움	$CaSO_4$ (무색)	1 450 –	0.176 (0℃)	0.067 (100℃)	산에 용해	공예품, 백묵 만드는데, 석고세공에, 종이 충진제로
류산 칼시움 (석고)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (무색)	128 (분해) 163 ($-2H_2O$)	0.223 (0℃)	0.267 (45℃)	산, 글리세린에 용해	석고로서 조각품 만드는데, 세멘트 생산, 종이 만드는데, 의학에서 석고붕대 만드는데
류산 아연	$ZnSO_4$ (흰색)	740 (분해) –	42 (0℃)	60.5 (100℃)	글리세린에 용해, 알콜에 적게 용해	인견의 응고액, 물들이는데, 흰색감, 눈약 만드는데

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g · 100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
류산알루미니움	$Al_2(SO_4)_3$ (흰색)	770 (분해) –	36.15 (20℃)	89 (100℃)	물분해되여 산성	물정제, 물들이기, 가죽이김, 의약품
류산암모니움	$(NH_4)_2SO_4$ (무색)	513 –	70.6 (0℃)	103.3 (100℃)	알콜에 용해되지 않음	질소비료, 비스코스인조섬유제조의 보조약제, 도금액, 여러가지 암모니움염, 배합비료의 제조원료로
류산연	$PbSO_4$ (흰색)	1 000 (분해) –	0.0033 (0℃)	0.0058 (50℃)	짙은 산에 용해, 알콜에 용해되지 않음	흰색감으로
아류산나트리움	Na_2SO_3 (흰색)	분해 –	14.2 (0℃)	26.6 (100℃)	알콜, 암모니아수에 적게 용해	화학섬유 만드는데, 사진현상, 환원제, 표백제, 방부제

이름	화학식	녹음점/℃	용해도/g・100물[-1] 및 용해성			용도
		끓음점/℃	찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
질산나트리움	$NaNO_3$ (무색)	308 380 (분해)	73 (0℃)	176 (100℃)	암모니아수에 용해, 글리세린, 알콜에 적게 용해	질산과 비료만드는데, 시약으로
질산동(Ⅱ)	$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ (푸른색)	114.5 170 ($-HNO_3$)	381 (40℃)	666 (80℃)	알콜에 잘 용해	검은색칠감 만드는데, 천을 검게 물들이는데
질산동(Ⅱ)	$Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (푸른색)	26.4 ($-3H_2O$) -	243.7 (0℃)	-	알콜에 잘 용해 에테르에 용해	검은색 칠감 만드는데, 천을 검게 물들이는데
질산바리움	$Ba(NO_3)_2$ (무색)	592 분해	4.95 (0℃)	34.2 (100℃)	산에 적게, 알콜에 용해되지 않음	과산화바리움, 축포탄, 신호탄 만드는데, 화학시약으로
질산철(Ⅲ)	$Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (무색)	35~40 분해	15 (0℃)	무한히 용해	알콜, 아세톤에 잘 용해	물들이는데, 가죽이기는데, 색감 만드는데

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
질산칼리움	KNO_3 (무색)	333 400 (분해)	13.3 (0℃)	246 (100℃)	-	흑색화약의 주성분, 비료, 시약으로, 유리원료, 성냥 만드는데
질산칼시움	$Ca(NO_3)_2$ (무색)	561 -	101 (0℃)	376 (151℃)	알콜에 잘 용해, 암모니아수에 적게 용해	여러가지 질산염, 축포탄 만드는데, 비료로
질산암모니움	NH_4NO_3 (무색)	118.3 210 (분해)	122 (0℃)	600 (80℃)	알콜에 조금 용해	비료로
질산연	$Pb(NO_3)_2$ (무색)	470 (분해) -	36.4 (0℃)	127.3 (100℃)	알콜에 조금 용해	여러가지 혼합물 만드는데
질산은	$AgNO_3$ (무색)	212 444 (분해)	115 (0℃)	1 024 (100℃)	글리세린에 용해, 알콜에 적게 용해	사진공업에서 브롬화은 만드는데, 살균제로, 의약품으로, 은거울, 은도금 그리고 Cl^-검출에

이름	화학식	녹음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
		끓음점/℃	찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
염화나트리움	NaCl (무색)	800 1 413	35.6	39.2 (100℃)	알콜에는 적게, 질은 HCl에는 용해되지 않음	NaOH, Na_2CO_3, HCl, Cl_2 제조원료로, 간장, 된장, 절임품 만드는데
염소산나트리움	$NaClO_3$ (흰색)	248 분해	80.5 (0℃)	204 (100℃)	알콜에 용해	산화제로 염소산염이나 이산화염소 만드는데, 폭약재료, 살초제, 살충제, 성냥, 축포탄 등의 원료로, 염색, 천가공, 가죽이김
염소산칼리움	$KClO_3$ (무색)	368 400 (분해)	3.3 (0℃)	56.2 (100℃)	알콜, 알카리 -0.83	성냥, 축포탄, 표백제, 산소 얻는데
염화동(Ⅰ)	Cu_2Cl_2 (흰색)	422 1 366	0.006 2	-	HCl, 암모니아수, 알콜에 용해	CO의 흡수제, 살충제, 방부제로

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
염화동(Ⅱ)	$CuCl_2$ (누런밤색)	498 993 (분해)	70.7 (0℃)	107.9 (100℃)	알콜에 잘 용해	촉매, 매염제, 목재방부제로
염화마그네시움	$MgCl_2$ (무색)	712 1 412	52.8 (0℃)	72.7 (100℃)	알콜에 잘 용해	마그네시움 만드는데
염화마그네시움	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (무색)	118(분해) (분해)	281 (0℃)	918 (100℃)	알콜에 잘 용해	서슬로서 두부를 앗는데
염화망간	$MnCl_2$ (보라색)	650 1 190	63.4 (0℃)	115.3 (100℃)	알콜에 잘 용해	염소화반응의 촉매로, 인쇄잉크의 건조제, 색감원료로
염화바리움	$BaCl_2$ (무색)	962 1 560	31 (0℃)	58.7 (100℃)	HCl, HNO_3에 적게 용해, 알콜에 용해되지 않음	류산이온검출, 보이라물연화, 가죽이김에 리용
염화석(Ⅱ)	$SnCl_2$ (흰색)	246.8 623	83.9 (0℃) 분해	269.8 (15℃) 분해	알카리, 절대알콜, 에테르에 용해	센 환원제로 물들이는데 리용

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성 찬 물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	용 도
염화수은(Ⅰ)(감홍)	HgCl(흰색)	302 383.7	0.000 14 (0℃)	0.000 6 (60℃)	왕수에 용해 HNO_3, HCl에 적게, 알콜, 에테르에 용해되지 않음	감홍전극 만드는데
염화수은(Ⅱ)(승홍)	$HgCl_2$(흰색)	277 304	6.6 (20℃)	56.2 (100℃)	절대알콜, 에테르에 33% 용해	살균작용이 세므로 소독약으로
염화철(Ⅱ)	$FeCl_2$(풀색을 띤 흰색)	674 (승화)	49.9 (10℃)	94.2 (100℃)	알콜, 아세톤에 잘 용해	염화철(Ⅲ) 만드는데, 물들이는데
염화철(Ⅲ)	$FeCl_3$(검은 밤색)	282 315	74.5 (0℃)	537 (100℃)	알콜, 에테르, HCl에 아주 잘 용해	지혈제, 물들이는데, 청사진현상약으로
염화칼리움	KCl(무색)	776 1 500	28.15 (0℃)	56.2 (100℃)	알콜, 알카리에 잘 용해	KOH 만드는데, 비료로
염화칼시움	$CaCl_2$(흰색)	772 1 600	59.5 (0℃)	159 (100℃)	알콜에 잘 용해	Ca만드는 원료, 건조제로
염화코발트(Ⅱ)	$CoCl_2\cdot 6H_2O$(붉은색)	86 110 ($-6H_2O$)	–	아주 잘 용해	에테르, 아세톤에 아주 잘 용해	공기의 습도표시기 만드는데

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성 찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	용도
염화크롬(Ⅱ)	$CrCl_2$ (흰색)	– –	아주 잘 용해	아주 잘 용해	알콜에 적게 용해, 에테르에 용해되지 않음	크롬의 야금, 유기반응의 촉매로
염화크롬(Ⅲ)	$CrCl_3$ (장미색)	– 1 300 (승화)	용해되지 않음	용해되지 않음	산, 아세톤, 알콜에 용해되지 않음	유기반응의 촉매, 가죽공업등에
염화아연	$ZnCl_2$ (흰색)	262 732	208 (0℃)	614 (100℃)	알콜에 100% 용해, 에테르에 잘 용해	탈수제, 활성탄과 함께 건전지 만드는데, 납땜하는데
염화알루미니움	$AlCl_3$ (흰색)	194 182.7	44.9 (0℃)	47.7 (80℃)	에테르, 클로로포름, 벤졸에 용해되지 않음	촉매, 비누제조, 종이생산, 염색, 나무방부제, 의약품
염화암모니움	NH_4Cl (흰색)	350 (승화) –	29.7 (0℃)	77.3 (100℃)	암모니아수에 용해, 메틸알콜에 적게 용해	건전지의 전해액, 도금, 비료
염화은	AgCl (흰색)	455 1 550	0.00 0 089 (10℃)	0.00 2 17 (100℃)	NH_4OH, KCN에 용해	빛에 의해 분해되는 성질을 리용하여 감광제 만드는데

이름	화학식	녹음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
		끓음점/℃	찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
탄산나트리움	Na_2CO_3 (흰색)	851 (분해)	6.86 (0℃)	44.5 (100℃)	알콜, 에테르에 용해되지 않음	비누, 유리, 종이, 염료 등의 공업에, 규산염의 융제로, 시약, 의약품으로
탄산수소나트리움	$NaHCO_3$ (흰색)	270 ($-CO_2$) –	6.9 (0℃)	16.4 (60℃)	알콜에 용해되지 않음	식료공업에서 부풀음제로, 위치료약으로
탄산마그네시움	$MgCO_3$ (흰색)	350 (분해) –	0.010 6	–	산, 탄산용액에 용해, 아세톤, 암모니아수에 용해되지 않음	마그네샤크링카 만드는데, 종이, 고무공업에서 충진제로, 의약품으로
탄산바리움	$BaCO_3$ (흰색)	811 (전이) 1 450 (분해)	0.002 2 (18℃)	0.006 5 (100℃)	산에 용해, 알콜에 용해되지 않음	사기그릇, 광학유리 원료로, 금속열처리할 때 침탄제로
탄산칼리움	K_2CO_3 (흰색)	891 (분해)	111.5 (20℃)	156 (100℃)	알콜에 용해되지 않음	액체비누, 고급유리제조에, 염료생산 등에

이름	화학식	녹음점/℃	용해도/g·100물[-1] 및 용해성			용도
		끓음점/℃	찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
탄산칼시움	$CaCO_3$ (무색)	825 (분해) / –	0.001 2 (20℃)	0.002 (100℃)	산, 염화암모니움 용액에 용해	고무, 수지, 종이공업에서 충진제로, 인쇄잉크, 유화구, 치약 만드는데, 의약품으로
린산나트리움 (*o*–)	Na_3PO_4 (흰색)	1 340 / –	10.5 (15℃)	77 (100℃)	–	경수연화제, 세척제
린산칼시움 (*o*–)	$Ca_3(PO_4)_2$ (흰색)	1 670 / –	0.002 5	분해	산에 용해	도자기유약, 치분, 의약품 만드는데
린산수소칼시움	$CaHPO_4\cdot 2H_2O$ (흰색)	분해 / –	0.025 (0℃)	0.133 (60℃)	–	린비료, 광물질사료로
이수소린산칼시움	$Ca(H_2PO_4)_2\cdot H_2O$ (흰색)	$109(-H_2O)$ / 200 (분해)	용해되지 않음	분해	–	린비료로
붕사	$Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O$ (흰색)	75 / 200 $(-10H_2O)$	2.15 (0℃)	21.7 (50℃)	글리세린에 용해, 절대알콜에 용해되지 않음	금속의 납땜, 에나멜, 특수유리 원료로

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
시안화 나트리움	NaCN (흰색)	563.7 1 496	48 (10℃)	82 (35℃)	암모니아수에 용해, 알콜에 적게 용해	금, 은의 야금, 전기도금, 가죽가공보조제로
싱아산 나트리움	$Na_2C_2O_4$ (흰색)	– –	3.7 (20℃)	6.33 (100℃)	–	매염제, 와니스, 의약품, 폭발안정제 등을 만드는데, 분석시약으로
초산 칼시움	$Ca(C_2H_3O_2)_2 \cdot H_2O$ (흰색)	분해 –	43.6 (0℃)	34.3 (100℃)	알콜에 적게 용해	의약품, 아세톤, 초산 및 초산염 만드는 원료로
m-규산 나트리움	Na_2SiO_3 (무색)	1 088 –	용해	용해	알콜에 용해되지 않음	종이공업, 산에 견디는 세멘트에, 실험실에서 점착제로
과망간산 나트리움	$NaMnO_4 \cdot 3H_2O$ (붉은 보라색)	170 (분해) –	아주 잘 용해	아주 잘 용해	암모니아수에 용해	산화제, 표백제, CO_2를 O_2로 바꾸는데

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해도/g·100물$^{-1}$ 및 용해성			용도
			찬물	뜨거운 물	알콜, 산, 기타	
과망간산칼리움	$KMnO_4$ (보라색)	<240 (분해) –	2.83 (0℃)	32.35 (75℃)	류산에 용해, 알콜에 분해	산화제, 표백제, 살균제로

마른 공기의 조성

성분	화학식	함량(체적%)	성분	화학식	함량(체적%)
질소	N_2	78.084	수소	H_2	5×10^{-5}
산소	O_2	20.948	산화이질소	N_2O	3×10^{-5}
아르곤	Ar	0.934	일산화탄소	CO	1×10^{-5}
이산화탄소	CO_2	0.03	크세논	Xe	0.87×10^{-6}
네온	Ne	0.018 2	오존	O_3	0.3×10^{-6}
헬리움	He	0.000 5	이산화질소	NO_2	0.2×10^{-6}
메탄	CH_4	0.000 16	암모니아	NH_3	0.1×10^{-6}
크립톤	Kr	0.000 114	이산화류황	SO_2	0.2×10^{-7}
			라돈	Rn	6×10^{-18}

7. 온도에 따르는 마른 공기의 밀도(101.325kPa)

온도/℃	밀도/g・L^{-1}	온도/℃	밀도/g・L^{-1}
0	1.293	16	1.221
2	1.284	18	1.213
4	1.274	20	1.205
6	1.265	22	1.197
8	1.256	24	1.189
10	1.247	26	1.181
12	1.239	28	1.173
14	1.230	30	1.165

8. 몇가지 기체물질의 밀도(0℃, 0.1MPa)

물질	화학식	밀도/kg・m^{-3}	물질	화학식	밀도/kg・m^{-3}
단순물			유기화합물		
아르곤	Ar	1.784	메탄	CH_4	0.72
불소	F_2	1.695	에틸렌	C_2H_4	1.26
헬리움	He	0.178	프로필렌	C_3H_6	1.96
네온	Ne	0.90	*n*-부탄	C_4H_{10}	2.703
산소	O_2	1.429	*n*-펜탄	C_5H_{12}	3.46
크세논	Xe	5.851	*n*-옥탄	C_8H_{18}	5.03
염소	Cl_2	3.22	불화메틸	CH_3F	1.545
수소	H_2	0.09	클로로포름	$CHCl_3$	5.28
크립톤	Kr	3.708	메틸알콜	CH_3OH	1.43
질소	N_2	1.251	*n*-부틸알콜	C_4H_9OH	3.244
오존	O_3	2.22	에틸아민	$C_2H_5NH_2$	2.01

무기화합물			유기화합물		
일산화탄소	CO	1.25	아세틸렌	C_2H_2	1.171
류화 카르보닐	COS	2.72	에탄	C_2H_6	1.36
수증기	H_2O	0.768	프로판	C_3H_8	2.04
요드화수소	HI	5.79	이소부탄	C_4H_{10}	2.64
브롬화수소	HBr	3.644	*n*-헵탄	C_7H_{16}	4.46
산화질소	NO	1.34	*n*-데칸	$C_{10}H_{22}$	0.73
산화이질소	N_2O	1.98	염화메틸	CH_3Cl	2.307
린화수소	PH_3	1.53	디플루오로디클로로메탄	CF_2Cl_2	5.510
이산화탄소	CO_2	1.98	에틸알콜	C_2H_5OH	2.04
포스겐	$CoCl_2$	4.53	메틸아민	CH_3NH_2	1.39
류화수소	H_2S	1.54			
염화수소	HCl	1.64			
비화수소	H_3As	3.48			
염화니트로실	NOCl	2.99			
암모니아	NH_3	0.771			
이산화류황	SO_2	2.926			

9. 온도에 따르는 물과 얼음의 밀도

온도/℃	-5(고)	0(고)	0(액)	2	3.98	6	10
밀도/ $g\cdot cm^{-3}$	0.92 9 7	0.91 6 8	0.99 9 87	0.99 9 97	1.00 0 00	0.99 9 97	0.99 7 3

10. 몇가지 산, 염기용액의 %농도에 따르는 밀도(25℃)

류산용액

H_2SO_4 (%)	ρ /g · cm^{-3}	H_2SO_4 (%)	ρ /g · cm^{-3}	H_2SO_4 (%)	ρ /g · cm^{-3}
1	1.005 1	35	1.259 9	69	1.593 9
2	1.011 8	36	1.268 4	70	1.610 5
3	1.018 4	37	1.276 9	71	1.622 1
4	1.025 0	38	1.285 5	72	1.633 8
5	1.031 7	39	1.294 1	73	1.645 6
6	1.038 5	40	1.302 8	74	1.657 4
7	1.045 3	41	1.311 6	75	1.669 2
8	1.052 2	42	1.320 5	76	1.681 0
9	1.059 1	43	1.329 4	77	1.692 7
10	1.066 1	44	1.338 4	78	1.704 3
11	1.073 1	45	1.347 6	79	1.715 8
12	1.080 2	46	1.356 9	80	1.727 2
13	1.087 4	47	1.366 3	81	1.738 3
14	1.094 7	48	1.375 8	82	1.749 1
15	1.102 0	49	1.385 4	83	1.759 4
16	1.109 4	50	1.395 1	84	1.769 3
17	1.116 8	51	1.404 9	85	1.778 6
18	1.124 3	52	1.414 8	86	1.787 2
19	1.131 8	53	1.424 3	87	1.795 1
20	1.139 4	54	1.435 0	88	1.802 2
21	1.147 1	55	1.445 3	89	1.808 7
22	1.154 8	56	1.455 7	90	1.814 4
23	1.162 6	57	1.466 2	91	1.819 5

H_2SO_4 (%)	ρ/g·cm^{-3}	H_2SO_4 (%)	ρ/g·cm^{-3}	H_2SO_4 (%)	ρ/g·cm^{-3}
24	1.170 4	58	1.476 8	92	1.824 0
25	1.178 3	59	1.487 5	93	1.827 9
26	1.186 2	60	1.498 3	94	1.831 2
27	1.194 2	61	1.509 1	95	1.833 7
28	1.202 3	62	1 520 0	96	1.835 5
29	1.210 4	63	1.531 0	97	1.836 4
30	1.218 5	64	1.542 1	98	1.836 1
31	1.226 7	65	1.553 3	99	1.834 2
32	1.234 9	66	1.564 6	100	1.830 5
33	1.243 2	67	1.576 0		
34	1.251 5	68	1.587 4		

질산용액

HNO_3 (%)	ρ/g·cm^{-3}	HNO_3 (%)	ρ/g·cm^{-3}	HNO_3 (%)	ρ/g·cm^{-3}
1	1.003 6	35	1.214 0	69	1.409 1
2	1.009 1	36	1.220 5	70	1.413 4
3	1.014 6	37	1.227 0	71	1.417 6
4	1.020 1	38	1.233 5	72	1.421 8
5	1.025 6	39	1.239 9	73	1.425 8
6	1.031 2	40	1.246 3	74	1.429 8
7	1.036 9	41	1.252 7	75	1.433 7
8	1.042 7	42	1.259 1	76	1.437 5
9	1.048 5	43	1.265 5	77	1.441 3
10	1.054 3	44	1.271 9	78	1.445 0

HNO_3 (%)	ρ /g · cm^{-3}	HNO_3 (%)	ρ /g · cm^{-3}	HNO_3 (%)	ρ /g · cm^{-3}
11	1.060 2	45	1.278 3	79	1.448 6
12	1.066 1	46	1.284 7	80	1.452 1
13	1.072 1	47	1.291 1	81	1.455 5
14	1.078 1	48	1.297 5	82	1.458 9
15	1.084 2	49	1.304 0	83	1.462 2
16	1.090 3	50	1.310 0	84	1.465 5
17	1.096 4	51	1.316 0	85	1.468 6
18	1.102 6	52	1.321 9	86	1.471 6
19	1.108 8	53	1.327 8	87	1.474 5
20	1.115 0	54	1.333 6	88	1.477 3
21	1.121 3	55	1.339 3	89	1.480 0
22	1.127 6	56	1.344 9	90	1.482 6
23	1.134 0	57	1.350 5	91	1.485 0
24	1.140 4	58	1.356 0	92	1.487 3
25	1.146 9	59	1.361 4	93	1.489 2
26	1.153 4	60	1.366 7	94	1.491 2
27	1.160 0	61	1.371 9	95	1.493 2
28	1.166 6	62	1.376 9	96	1.495 2
29	1.173 3	63	1.381 8	97	1.497 4
30	1.180 0	64	1.386 6	98	1.500 8
31	1.186 7	65	1.391 3	99	1.505 6
32	1.193 4	66	1.395 9	100	1.512 9
33	1.207 1	67	1.400 4		
34	1.207 1	68	1.404 8		

염산용액

HCl (%)	ρ/g·cm^{-3}	HCl (%)	ρ/g·cm^{-3}	HCl (%)	ρ/g·cm^{-3}
1	1.003	14	1.067 5	28	1.139 2
2	1.008 2	16	1.077 6	30	1.149 3
4	1.018 1	18	1.087 8	32	1.159 3
6	1.027 9	20	1.098 0	34	1.169 1
8	1.037 6	22	1.108 3	36	1.178 9
10	1.047 4	24	1.118 7	38	1.188 5
12	1.057 4	26	1.129 0	40	1.198 0

수산화나트리움용액

NaOH (%)	ρ/g·cm^{-3}	NaOH (%)	ρ/g·cm^{-3}	NaOH (%)	ρ/g·cm^{-3}
1	1.009 5	12	1.130 9	32	1.349 0
2	1.020 7	14	1.153 0	34	1.369 6
3	1.031 8	16	1.175 1	36	1.390 0
4	1.042 8	18	1.197 2	38	1.410 1
5	1.053 8	20	1.219 1	40	1.430 0
6	1.064 8	22	1.241 1	42	1.449 4
7	1.075 8	24	1.262 9	44	1.468 5
8	1.086 9	26	1.284 8	46	1.487 3
9	1.097 9	28	1.306 4	48	1.506 5
10	1.108 9	30	1.327 9	50	1.525 3

11. %농도에 따르는 에틸 및 메틸알콜용액의 밀도(25℃)

%농도	ρ /g · cm^{-3}		%농도	ρ /g · cm^{-3}	
	에틸알콜	메틸알콜		에틸알콜	메틸알콜
1	0.915 2	0.996 5	50	0.909 9	0.915 6
2	0.993 4	0.994 8	52	0.905 3	0.911 4
4	0.989 8	0.991 4	54	0.900 8	0.907 3
6	0.986 6	0.988 0	56	0.896 2	0.903 2
8	0.983 5	0.984 7	58	0.891 6	0.898 8
10	0.980 4	0.981 5	60	0.887 0	0.894 6
12	0.977 5	0.978 4	62	0.882 3	0.890 2
14	0.974 5	0.975 4	64	0.877 6	0.885 6
16	0.972 0	0.972 5	66	0.872 9	0.881 1
18	0.969 2	0.969 6	68	0.868 2	0.876 3
20	0.966 4	0.966 6	70	0.863 4	0.871 5
22	0.963 5	0.963 6	72	0.858 6	0.866 5
24	0.960 5	0.960 7	74	0.853 8	0.861 6
26	0.957 4	0.957 6	76	0.848 9	0.856 7
28	0.954 1	0.954 6	78	0.844 0	0.851 8
30	0.950 7	0.951 5	80	0.839 1	0.846 9
32	0.947 1	0.948 3	82	0.834 2	0.842 0
34	0.943 4	0.945 0	84	0.829 1	0.836 6
36	0.939 5	0.941 6	86	0.824 1	0.831 4
38	0.935 6	0.938 1	88	0.818 9	0.825 8
40	0.931 5	0.934 5	90	0.813 6	0.820 2
42	0.927 3	0.930 9	92	0.808 2	0.814 6
44	0.913 0	0.927 2	94	0.802 7	0.809 0
46	0.918 7	0.923 4	96	0.797 1	0.803 2
48	0.914 3	0.910 6	98	0.791 2	0.797 6

12. 온도에 따르는 무기화합물의 용해도/g · 100g물$^{-1}$

온도/℃ 화학식	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	…	…	69.86	…	…	…	…	…	…	…	…
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	31.2	33.5	36.4	40.4	46.1	52.2	59.2	66.1	73.0	80.8	89.0
$(NH_4)_2Al_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	2.1	4.99	7.74	10.94	14.88	20.10	26.70	…	…	…	109.7
NH_4Cl	29.4	33.3	37.2	41.4	45.8	50.4	55.2	60.2	65.6	71.3	77.3
NH_4NO_3	118.3	…	192	241.8	297.0	344.0	421.0	499.0	580.0	740.0	871.0
$(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$	2.2	3.1	4.4	5.9	8.0	10.3	…	…	…	…	…
$(NH_4)_2SO$	70.6	73.9	75.4	78.0	81.0	…	88.0	…	95.3	…	103.3
$BaCO_3$	…	0.0016 (8℃)	0.0022 (18℃)	0.0024	…	…	…	…	…	…	…
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	31.6	33.3	35.7	38.2	40.7	43.6	46.4	49.4	52.4	…	58.8
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	1.67	2.48	3.89	5.59	8.22	13.12	20.94	…	101.4	…	…
$Ba(NO_3)_2$	5.0	7.0	9.2	11.6	14.2	17.1	20.3	…	27.0	…	34.2
$BaSO_4$	1.15×10^{-4}	2.0×10^{-4}	24×10^{-4}	2.85	…	3.36	…	…	…	…	…
H_3BO_3	2.66	3.57	5.04	6.60	8.72	11.54	14.81	18.62	23.75	30.38	40.25
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	59.5	65.0	74.5	102	…	…	…	…	…	…	…
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	…	…	…	…	…	…	136.8	141.7	147.0	152.7	159
$Ca(OH)_2$	0.185	0.176	0.165	0.153	…	…	0.116	0.106	0.094	0.085	0.077
$Ca(NO_3)_2$	…	…	…	…	…	…	…	…	358.7	…	363.6
CaC_2O_4	…	6.7×10^{-4}	6.8×10^{-4}	9.5×10^{-4}	14×10^{-4}	…	…	…	…	…	…
CaO	0.131	0.129	0.126	0.116	0.107	0.098	0.088	0.080	0.073	0.063	0.060
$CaSO_4$	0.190	0.1928	…	0.2090	0.2097	…	…	…	…	0.175	0.1619
CrO_3	164.9	…	…	…	174.0	182.1	…	…	…	217.5	206.8
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	41.6	46.0	50.4	53.5	…	…	…	…	…	…	…

온도/℃ 화학식	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$CoCl_2 \cdot H_2O$	…	…	…	…	69.5	88.7	90.5	…	98.0	…	104.1
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	84.03	…	100.0	…	126.8	…	…	…	…	…	…
$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	70.7	73.76	77.0	80.34	83.8	87.44	91.2	…	99.2	…	107.9
$Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	81.8	95.28	125.1	…	…	…	…	…	…	…	…
$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	…	…	…	…	159.8	…	178.8	…	207.8	…	…
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	14.3	17.4	20.7	25	28.5	33.8	40	…	53.5	…	75.4
$CuCl_2$	…	…	1.52 (25℃)	…	…	…	…	…	…	…	…
$FeCl_3$	74.4	81.9	91.8	…	…	315.1	…	…	525.8	…	535.7
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	15.65	20.51	26.5	32.9	40.2	48.6	…	…	…	…	…
I_2	…	…	0.029	0.04	0.056	0.078	…	…	…	…	…
$PbCl_2$	0.6728	…	0.99	1.20	1.45	1.70	…	…	…	…	…
$Pb(NO_3)_2$	38.8	48.3	56.5	66	75	85	95	…	115	…	138.8
$PbSO_4$	0.0028	0.0035	0.0041		0.0049	0.0056	…	…	…	…	…
$LiCl$	67	72	78.5	84.5	90.5	97	10.3	…	115	…	127.5
$LiNO_3 \cdot 3H_2O$	53.4	61.0	…	132.6	…	…	…	…	…	…	…
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	52.8	53.5	54.5	…	57.5	…	61.0	…	66.0	…	73.0
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	66.55	…	…	…	84.74	…	…	…	…	137.0	…
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	…	30.9	35.5	40.8	45.6	…	…	…	…	…	…
$MgSO_4 \cdot 6H_2O$	40.8	42.2	44.5	45.3	…	50.4	53.5	59.5	64.2	69.0	74.0

온도/℃ 화학식	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	63.4	68.1	73.9	80.71	88.59	98.15	…	…	…	…	…
$MnCl_2 \cdot 2H_2O$	…	…	…	…	…	…	108.6	110.6	112.7	114.1	115.3
$Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	101.98	118.0	…	206.6	…	…	…	…	…	…	…
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	53.23	60.011	62.9	67.76	…	…	…	…	…	…	…
$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	…	59.5	64.5	66.44	68.8	72.6	…	…	…	…	…
$HgCl_2$	3.6	4.8	6.5	8.3	10.2	…	16.2	…	30.0	…	61.3
Hg_2Cl_2	0.00014	…	0.0002	…	0.0007	…	…	…	…	…	…
$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	53.9	59.5	64.2	68.9	73.3	78.3	82.2	85.2	…	…	87.6
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	79.58	…	96.31	…	122.2	…	…	…	…	…	…
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	27.22	32	…	42.46	…	…	…	…	…	…	…
$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	3.0	4.0	5.9	8.39	11.70	17.00	24.75	40.0	71.0	109.0	…
KBr	53.5	59.5	65.2	70.6	75.5	80.2	85.5	90.0	95.0	99.2	104.0
$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	105.5	108	110.5	113.7	116.9	121.2	126.8	133.1	139.8	147.5	155.7
$KClO_3$	3.3	5	7.4	10.5	14	19.3	24.5	…	38.5	…	57
KCl	27.6	31.0	34.0	37.0	40.0	42.6	45.5	48.3	51.1	54.0	56.7
K_2CrO_4	58.2	60.0	61.7	63.4	65.2	66.8	68.6	70.4	72.1	73.9	75.6
$K_2Cr_2O_7$	5	7	12	20	26	34	43	52	61	70	86
$K_3Fe(CN)_6$	31	36	43	50	60	…	66	…	…	…	77.5
$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	14.5	…	24.5	…	36	…	49.5	…	70	…	…
$KOH \cdot 2H_2O$	97	103	112	126	…	…	…	…	…	…	…
KIO_3	4.73	…	8.13	11.73	12.8	…	18.5	…	24.8	…	32.2
KI	127.5	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208
KNO_3	13.3	20.9	31.6	45.8	63.9	85.5	110.0	138	169	202	246
KNO_2	278.8	…	298.4	…	334.9	…	…	…	…	…	412.8
$KClO_4$	0.75	1.05	1.80	2.6	4.4	6.5	9	11.8	14.8	18	21.8

온도/℃ 화학식	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$KMnO_4$	2.83	4.4	6.4	9.0	12.56	16.89	22.2	…	…	…	…
KSCN	177.0	…	217.5	…	…	…	…	…	…	…	…
AgBr	…	…	8.4×10^{-6}	…	…	…	…	…	…	…	…
Ag_2CO_3	…	…	0.0032	…	…	…	…	…	…	…	0.05
AgCl	…	8.9×10^{-5}	25×10^{-4}	…	…	0.0005	…	…	…	…	0.002
AgCN	…	…	2.2×10^{-5}	…	…	…	…	…	…	…	…
AgI	…	…	…	3×10^{-7}	…	…	3×10^{-6}	…	…	…	…
$AgNO_3$	122	170	222	300	376	455	52.5	…	669	…	952
Ag_2SO_4	0.573	0.695	0.796	0.888	0.979	1.08	1.15	1.22	1.30	1.36	1.41
Ag_2S	…	…	1.3×10^{-16}	…	…	…	…	…	…	…	…
$NaHCO_3$	6.9	8.15	9.6	11.1	12.7	14.45	16.4	…	…	…	…
$NaBr \cdot 2H_2O$	79.5	…	90.5	97.6	105.8	116.0	…	…	…	…	…
NaBr	…	…	…	…	…	…	…	…	118.3	…	121.2
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	7	12.5	21.5	38.8	…	…	…	…	…	…	…
$Na_2CO_3 \cdot H_2O$	…	…	…	50.5	48.5	…	46.4	…	45.8	…	45.5
NaCl	35.7	35.8	36.0	36.3	36.6	37.0	37.3	37.8	38.4	39.0	39.8
$Na_2CrO_4 \cdot 10H_2O$	31.70	50.17	88.7	…	…	…	…	…	…	…	…
$NaCrO_4 \cdot 4H_2O$	…	…	…	88.7	95.96	104	114.6	…	…	…	…
$NaCrO_4$	…	…	…	…	…	…	…	123.0	124.8	…	125.9
$Na_2CrO_7 \cdot 2H_2O$	163.0	…	177.8	…	…	244.8	…	316.7	376.2	…	…
$Na_2Cr_2O_7$											426.3
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	57.9	69.9	85.2	106.5	138.2	…	…	…	…	…	…

온도/℃ 화학식	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$	…	…	…	…	…	158.6	…	…	…	…	…
NaH_2PO_4	…	…	…	…	…	…	179.3	190.3	207.3	225.3	246.6
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	1.67	3.6	7.7	20.8	…	…	…	…	…	…	…
$Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	…	…	…	…	51.8	…	…	…	…	…	…
$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	…	…	…	…	…	80.2	82.9	98.1	92.4	102.9	…
Na_2HPO_4	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	102.2
NaOH	…	…	…	…	…	…	…	…	…	313	347
$NaIO_3$	2.5	…	9	…	15	…	21	…	27	…	34
$NaI \cdot 2H_2O$	158.7	168.6	178.7	190.3	205.0	227.8	256.8	…	…	…	…
NaI	…	…	…	…	…	…	…	294	296	…	302
$NaNO_3$	73	80	88	96	104	114	124	…	148	…	180
$NaNO_2$	72.1	78.0	84.5	91.6	98.4	104.1	…	…	132.6	…	163.2
$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	1.5	4.1	11	20	31	43	55	…	81	…	108
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	5.0	9.0	19.4	40.8	…	…	…	…	…	…	…
$Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$	19.5	30	44	…	…	…	…	…	…	…	…
Na_2SO_4	…	…	…	…	48.8	46.7	45.3	…	43.7	…	42.5
$Na_2S \cdot 9H_2O$	…	15.42	18.8	22.5	28.5	…	…	…	…	…	…
$Na_2S \cdot 6H_2O$	…	…	…	…	…	36.4	39.1	43.31	49.14	57.28	…
$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	13.9	20	26.9	36	…	…	…	…	…	…	…
Na_2SO_3	…	…	…	…	28	28.2	28.8	…	28.3	…	…
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	1.3	1.6	2.7	3.9	…	10.5	20.3	…	…	…	…
$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	…	…	…	…	…	…	…	24.4	31.5	41	52.5

온도/℃ 화학식	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	94.78	…	118.3	…	…	…	…	…	…	…	…
$Zn(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	…	…	…	…	…	206.9	…	…	…	…	…
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	41.9	47	54.4	…	…	…	…	…	…	…	…
$ZnSO_4 \cdot 6H_2O$	…	…	…	…	70.1	76.8	…	…	…	…	…
$ZnSO_4 \cdot H_2O$	…	…	…	…	…	…	…	…	86.6	83.7	80.8

13. 온도에 따르는 기체물질의 용해도/mL・100mL물 $^{-1}$

온도/℃ 물질	0	20	40	60
수소(H_2)	2.14	1.82	1.64	1.60
질소(N_2)	2.35	1.55	1.18	1.02
산소(O_2)	4.89	3.10	2.31	1.95
이산화탄소(CO_2)	171.3	87.8	53.0	36.5
류화수소(H_2S)	462.1	255.4	164.2	117.6
이산화류황(SO_2)	7 979	3 937	1 877	-
염화수소(HCl)	51 700	44 200	38 600	33 900
암모니아(NH_3)	47 600	34 200	-	-

14. 몇가지 물질들의 표준연소열(25℃)

화합물	분자식	모임 상태	$\Delta H^{\circ}_{연}$/kJ·mol^{-1}
메탄	CH_4	기체	890.31
아세틸렌	C_2H_2	기체	1 299.63
에틸렌	C_2H_4	기체	1 410.97
에탄	C_2H_6	기체	1 559.88
프로필렌	C_3H_6	기체	2 058.53
프로판	C_3H_8	기체	2 220.3
n-부탄	C_4H_{10}	기체	2 877.13
이소부탄	C_4H_{10}	기체	2 868.68
벤졸	C_6H_6	기체	3 301.51
		액체	3 267.58
톨루올	C_7H_8	액체	3 910.28
나프탈린	$C_{10}H_8$	결정	5 156.78
포름알데히드	CH_2O	기체	561.07
개미산	CH_2O_2	액체	254.58
메틸알콜	CH_3OH	액체	726.60
싱아산	$C_2H_2O_4$	결정	251.88
초산알데히드	C_2H_4O	기체	1 193.07
초산	$C_2H_4O_2$	액체	874.58
에틸알콜	C_2H_6O	액체	1 370.68
글리세린	$C_2H_8O_3$	액체	1 661.05
페놀	C_6H_6O	결정	3 063.52
포도당	$C_6H_{12}O_6$	고체	2 820.01
과당	$C_6H_{12}O_6$	고체	2 829.63
사탕	$C_{12}H_{22}O_{11}$	결정	5 646.73
클로로포름	$CHCl$	액체	428.6

화합물	분자식	모임 상태	$\Delta H^{\circ}_{연}$/kJ·mol^{-1}
사염화탄소	CCl_4	액체	260.65
뇨소	CH_4N_2O	결정	632.20
아닐린	C_6H_7N	액체	3 396.2
이류화탄소	CS_2	액체	1 075.29
류화수소	H_2S	기체	578.98

15. 몇가지 물질들의 표준생성열(25℃, 0.1MPa)

물질	ΔH/kJ·mol^{-1}	물질	$\Delta H^{\circ}_{생}$/kJ·mol^{-1}
$HF_{(기)}$	-288.6	$SO_{2(기)}$	-296.9
$HCl_{(기)}$	-92.3	$SO_{3(기)}$	-395.2
$HBr_{(기)}$	-36.0	$NO_{(기)}$	90.4
$HI_{(기)}$	25.9	$NO_{(기)}$	33.9
$CH_{4(기)}$	-74.9	$H_2SO_{4(액)}$	-811.3
$H_2O_{(기)}$	-241.8	$HNO_{3(액)}$	-173.0
$H_2O_{(액)}$	-258.8	$NaCl_{(고)}$	-410.9
$H_2O_{(고)}$	-291.9	$NaOH_{(고)}$	-426.6
$H_2S_{(기)}$	-20.2	$CaO_{(고)}$	-635.1
$NH_{3(기)}$	-46.2	$Ca(OH)_{2(고)}$	-986.2
$CO_{(기)}$	-111	$Al_2O_{3(고)}$	-1 675.1
$CO_{2(기)}$	-396	$MgSO_{4(고)}$	-1 279

16. 몇가지 무기화합물의 용해열

화합물	$\Delta H_{용}$/kJ·mol^{-1}	화합물	$\Delta H_{용}$/kJ·mol^{-1}
$BaCl_2$	-13.4	$H_2S_{(기)}$	-19
$BaSO_4$	26.2	$H_2SO_{4(액)}$	-95.27
$Br_{2(액)}$	-2.6	H_3BO_3	22.01
$CO_{(기)}$	-10.4	H_3PO_3	1
$CO_{2(기)}$	-20.3	$MgCl_2$	-159.8
$CaCl_2$	-81.3	$Mg(OH)_2$	-2.30
$Ca(OH)_2$	-16.74	$NH_{3(기)}$	-34.2
$Cl_{2(기)}$	-23	NH_4Cl	14.8
$CuSO_4$	-73.14	NH_4NO_3	25.6
$FeCl_2$	-81.6	$(NH_4)_2SO_4$	6.57
$FeCl_3$	-151	$O_{2(기)}$	-12
$FeSO_4$	-69.9	$ZnCl_2$	-73.14
$H_{2(기)}$	-4.2	$ZnSO_4$	-80.3
$HCl_{(기)}$	-74.85	KCl	17.21
HF	-20.29	KNO_3	34
$HNO_{3(액)}$	-33.3	NaCl	3.86
$H_2O_{2(액)}$	-54.85	NaOH	44.52
$H_2S_{(기)}$	-19	$NaNO_3$	20.5

17. 결정수화물을 만드는 무기염의 용해열

물질	물의 량/mol	$\Delta H_{용}$/kJ · mol^{-1}
LiCl	800	36.53
LiCl · H_2O	800	18.58
LiCl · $2H_2O$	800	4.06
LiCl · $3H_2O$	800	-8.83
Na_2CO_3	400	23.43
Na_2CO_3 · $7H_2O$	400	-45.86

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	400	-69.04
Na_2HPO_4	500	25.94
$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	500	0.17
$Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	500	-47.95
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	500	-96.06
$BaCl_2$	400	11.18
$BaCl_2 \cdot H_2O$	400	-7.74
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	400	-18.74
$CuSO_4$	500	68.37
$CuSO_4 \cdot H_2O$	500	40.42
$CuSO_4 \cdot 3H_2O$	500	12.68
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	500	-10.50
$ZnSO_4$	500	77.28
$ZnSO_4 \cdot H_2O$	500	42.13
$ZnSO_4 \cdot 6H_2O$	500	-4.13
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	500	-18.87
$MgSO_4$	400	87.61
$MgSO_4 \cdot 2H_2O$	400	46.36
$MgSO_4 \cdot 4H_2O$	400	17.66
$MgSO_4 \cdot 6H_2O$	400	1.00
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	400	-15.86

18. 몇가지 화학결합에서 결합에네르기

결합	물질	결합에네르기/$kJ \cdot mol^{-1}$
H-H	H_2	432.07
H-Cl	HCl	427.8
H-O	H_2O	458.9
H-S	H_2S	363.5
H-N	NH_3	386.0

결합	물질	결합에네르기/kJ·mol^{-1}
H-C	CH_4	410.5
Na-Cl	NaCl	407
K-Cl	KCl	422
Ca-Cl	$CaCl_2$	455
C-C	금강석	354.2
N-N	N_2	941.6
O-O	O_2	493.6
Cl-Cl	Cl_2	239.2
Br-Br	Br_2	190.1
I-I	I_2	148.8
C=O	CO_2	705.8
S=O	SO_2	526.8
C-C	포화탄화수소	331.8
C=C	에틸렌계탄화수소	587.8
C≡C	아세틸렌계탄화수소	823.1
C=C	벤졸	487.1
C-H	포화탄화수소	413.0
C-H	에틸렌계탄화수소	415.9
C-H	아세틸렌계탄화수소	402.9
C-H	벤졸	421.2
H-O	알콜	438.0
C=S	CS_2	573
C-C	알데히드, 케톤	350.5
C=O	알데히드, 케톤	705.8
C=O	산, 에스테르	1 340~1 505
C-Br	할로겐화알킬	264.9
C-Cl	할로겐화알킬	318.0

결합	물질	결합에네르기/kJ · mol^{-1}
C-F	할로겐화알킬	486.6
C-I	할로겐화알킬	197.4

19. 표준전극전위/1mol·L^{-1}(25℃, 0.1MPa)

전극반응	E^0/V	전극반응	E^0/V
$Li \to Li^+ + e$	-3.02	$Fe \to Fe^{2+} + 2e$	-0.44
$Rb \to Rb^+ + e$	-2.98	$Fe \to Fe^{3+} + 3e$	-0.036
$K \to K^+ + e$	-2.92	$1/2H_2 \to H^+ + e$	+0.000
$Ba \to Ba^{2+} + 2e$	-2.91	$Sn \to Sn^{4+} + 4e$	+0.051
$Sr \to Sr^{2+} + 2e$	-2.89	$Sb \to Sb^{3+} + 3e$	+0.02
$Ca \to Ca^{2+} + 2e$	-2.87	$Bi \to Bi^{3+} + 3e$	+0.23
$Na \to Na^+ + e$	-2.713	$As \to As^{3+} + 3e$	+0.30
$Mg \to Mg^{2+} + 2e$	-2.36	$Cu \to Cu^{2+} + 2e$	+0.34
$Al \to Al^{3+} + 3e$	-1.66	$Cu \to Cu^+ + e$	+0.52
$Mn \to Mn^{2+} + 2e$	-1.05	$I_{2(고체)} + 2e \to I_2^-$	+0.536
$Zn \to Zn^{2+} + 2e$	-0.763	$2Hg \to Hg_2^{2+} + 2e$	+0.798
$Cr \to Cr^{3+} + 3e$	-0.71	$Ag \to Ag^+ + e$	+0.799
$S^{2-} \to S + 2e$	-0.51	$Pd \to Pd^{2+} + 2e$	+0.83
$Fe \to Fe^{2+} + 2e$	-0.441	$Hg \to Hg^{2+} + 2e$	+0.854
$Cd \to Cd^{2+} + 2e$	-0.402	$Br_2 + 2e \to 2Br^-$	+1.066
$Co \to Co^{2+} + 2e$	-0.27	$Pt \to Pt^{2+} + 2e$	+1.2
$Ni \to Ni^{2+} + 2e$	-0.23	$Cl_{2(기체)} + 2e \to 2Cl^-$	+1.358
$Sn \to Sn^{2+} + 2e$	-0.140	$Au \to Au^{3+} + 3e$	+1.42
$Pb \to Pb^{2+} + 2e$	-0.126	$Au \to Au^+ + e$	+1.7
		$F_{2(기체)} + 2e \to 2F^-$	+2.85

20. 대표적인 수지의 특성

수지 이름	성형온도 /℃	련속사용 최고온도 /℃	밀도/ g·cm^{-3}	기름 견딜성	약품견딜성	
					산	알카리
페놀수지	150~180	~120	1.25~ 1.5	좋다	비교적 좋다	조건에 따라 다르다
고압폴리 에틸렌	120	~50	0.91~ 0.92	나쁘다	좋다	좋다
저압폴리 에틸렌	~180	~80	0.94~ 0.97	나쁘다	좋다	좋다
폴리 프로필렌	200~280	~90	0.90~ 0.91	비교적 좋다	좋다	좋다
염화비닐 수지	150	~80	1.35~ 1.55	좋다	좋다	좋다
가소화 염화비닐 (연질염 화비닐)	100~180	~50	1.15~ 1.35	그리 좋지 못하다	그리 좋지 못하다	그리 좋지 못하다
에폭시 수지	100~ 150	130	1.6~2	좋다	좋다	좋다
뇨소 수지	130~ 150	~80	1.4~1.5	좋다	좋다	나쁘다
멜라민 수지	140~ 170	~120	1.4~1.5	좋다	좋다	비교적 나쁘다
규소 수지	-	~180	~1.8	좋다	좋다	비교적 나쁘다
불소 수지	~450	~180	2.1~2.3	좋다	좋다	좋다

수지 이름	성형온도 /℃	련속사용 최고온도 /℃	밀도/ g・cm^{-3}	기름 견딜성	약품견딜성	
					산	알카리
아크릴수지 (유기유리)	75	~70	1.17~1.20	좋다	좋다	좋다
폴리아미드	~290	~80	1.1~1.14	좋다	나쁘다	좋다

1) 폴리에틸렌의 약품견딜성

화학시약 이름	온도		화학시약 이름	온도	
	20℃	60℃		20℃	60℃
아세톤	×	×	과망간산칼리움	△	△
아닐린	△	×	개미산(40%)	○	○
에틸알콜	△	△	초산(10%)	○	○
에틸에테르	×	×	초산(100%)	△	×
올레인산	△	×	브롬	×	×
휘발유	×	-	브롬화수소산	○	○
크실롤	×	×	중크롬산칼리움	○	○
암모니아	○	○	류산아연	○	○
암모니아수 (23%)	○	○	류산알루미니움	○	○
암모니아수(10%)	○	○	류산철(Ⅱ)	○	○
염화아연	○	○	류산마그네시움	○	○
염화알루미니움	○	○	삼염화에틸렌	△	×

화학시약 이름	온도		화학시약 이름	온도	
	20℃	60℃		20℃	60℃
염산(짙은)	○	○	톨루올	×	×
염산(10%)	○	○	뇨소	○	-
염소수 (묽은것)	○	○	이산화탄소	×	×
과산화수소(3%)	○	○	포름알데히드	○	○
과산화수소 (짙은)	○	△	메틸알콜	○	○
류산(95%)	△	×	벤졸	×	×
류산(80%)	○	○	질산(98%)	×	×
류산(60%)	○	○	질산(80%)	×	×
류산(10%)	○	○	질산(70%)	○	×
글리세린	○	○	질산(60%)	○	×
광물성기름	△	×	질산(10%)	○	○
초산에틸	△	×	질산칼리움	○	○
초산부틸	△	×	수산화칼리움	○	○
사염화탄소	×	×	불소	○	×
시클로헥사논	×	×	린산(30%)	○	○
에틸렌글리콜	○	○	린산(90%)	○	×
수산화칼리움 (10%)	○	○	류산동	○	○
수산화나트리움 (10%)	○	○	염화칼시움 (포화용액)	○	○

화학시약 이름	온도		화학시약 이름	온도	
	20℃	60℃		20℃	60℃
수산화나트리움 (50%)	○	○	염화철(Ⅱ)	○	○
			염화마그네시움	○	○

부호해설

○: 침식되지 않는것

△: 약간 침식되므로 주의하여야 하는것

×: 침식되므로 사용할수 없는것

2) 염화비닐의 약품견딜성

약품이름	온도/℃			약품이름	온도/℃		
	20	40	60		20	40	60
염산	□	□	□	파산화수소(40%)	○	○	
류산	□	□	○	프로판(액체)	□		
질산(70%이하)		□	○	톨루올(100%)	×		
질산(95%)	×	×	×	삼염화에틸렌	×		
혼산 (H_2SO_4:HNO_3 10~15%:20~40%)	□	□	○	아세톤(100%)	×	×	
혼산 (H_2SO_4:HNO_3 50%:50%)	○	×	×	메틸알콜	□	○	△
혼산 (CrO_3:H_2SO_4 25%:20%)	○	○	○	염소	□	□	○
스테아린산	□	□	□	암모니아	□	□	○

약품이름	온도/℃			약품이름	온도/℃		
	20	40	60		20	40	60
올레인산	□	□	□	표백분액	□	□	
말레인산	□	□	○	각종 도금액	□	□	○
피크린산	×	×	×	석유	○		△
수산화나트리움	□	□	□	초산(95%이상)	○	×	×
수산화칼리움	□	□	□	벤졸술폰산	□	□	○
암모니아수	□	□	□	안식향산	□	□	□
거의 모든 금속의 염화물	□	□	□	개미산(50%이하)	□	□	○
거의 모든 금속의 질산염	□	□	□	개미산(100%)	-	-	×
거의 모든 금속의 류산염	□	□	□	싱아산	□	□	□
초산알데히드 (90%)	□			클로로초산	□	□	○
케톤류	×			에틸알콜	□	○	○
방향족탄화수소	×			부틸알콜(100%)	□	□	○
글리세린	□	□	□	아닐린(100%)	×		
크레졸수용액	○			벤졸(100%)	×		
불화수소산	○	○	○	사염화탄소(100%)	○		×
린산	□	○	○	클로로포름	×		×
차아염소산	□	□	□	초산에틸	×		×
과염소산 (10%이하)	□	□	○	포르말린	□	□	○
염소수	□	△		페놀(6%)	□		○
시안산	□	□	□	이류화탄소	△		
초산(95%이하)	□	□	○	사진정착액	□	□	

약품이름	온도/℃			약품이름	온도/℃		
	20	40	60		20	40	60
중크롬산칼리움 (4% 용액)	□			사진현상액	□	□	
과염소산칼리움 (1%)	□	□	○	바다물	□	□	
과망간산칼리움 (18%)	□	□		농마, 담용액	□	□	□
이류화나트리움	□	□	△				

부호해설

□: 완전히 침식 안되는것　○:침식 안된다고 보는것

△: 약간 침식되므로 주의해야 하는것

×: 침식되므로 사용할수 없는것

21. 건조제의 특성

건조제	건조할수 있는 기체	건조할수 있는 액체	건조할수 없는 물질
$CaCl_2$	H_2, N_2, O_2, HCl, CO, CO_2, SO_2, CH_4, 파라핀, 올레핀	에테르, 에스테르, 탄화수소, 염화알킬, 지방족 및 방향족할로겐화물, CS_2	알콜류(메타놀, 에타놀, 프로파놀, 부타놀, 벤질알콜), 페놀, NH_3, 아세톤, 카르본산에스테르
H_2SO_4	H_2, CO_2, CO, N_2, Cl_2, CH_4, 파라핀	탄화수소, 할로겐화알킬, 할로겐화물 * 데시케터에서 쓸수 있다.	알콜류, 염기, 케톤류, 페놀

건조제	건조할수 있는 기체	건조할수 있는 액체	건조할수 없는 물질
P_2O_5 흡수성이 가장 크고 속도가 가장 빠른 건조제	H_2, O_2, CO, CO_2, N_2, SO_2, CH_4, 에틸렌, 파라핀	탄화수소, 에테르, 에스테르, 산, 지방족 및 방향족할로겐화물, 니트릴, CS_2	알콜류, 케톤류, 염기, 염화수소, 브롬화수소, 기체, 중합을 일으키는 물질
CaO (생석회)	NH_3, 아민류	알콜(99%까지)	CO_2, 산류
소다석회 (NaOH+CaO)	모든 기체	-	-
KOH	NH_3	아닐린, 키놀린 등 염기성화합물, 아민류	산, 알데히드, 케톤
NaOH	NH_3	아닐린, 키놀린 등 염기성화합물, 아민류	산, 알데히드, 케톤
CaC_2	-	알콜류	다가알콜
$SiO_2 \cdot xH_2O$	기체	-	-
$CaSO_4$	-	알콜, 지방족 및 방향족할로겐화물, 에테르, 탄화수소, 알데히드	-
Na_2SO_4 흡수성이 작지만 거의 모든 유기물질에 적용	-	거의 모든 물질 (주로 액체건조)	-

건조제	건조할수 있는 기체	건조할수 있는 액체	건조할수 없는 물질
$MgSO_4$	–	거의 모든 물질 (주로 액체건조)	–
Na	–	에테르, 지방족 및 방향족탄화수소	알콜류, 산류, 에스테르, 케톤, 알데히드, 아민, 유기할로겐화물
K_2CO_3	–	염기, 할로겐화물 특히 염화벤질	기름산, 에스테르, 산류
$CuSO_4$	–	에테르, 에타놀 기타 용매	메틸알콜
$ZnCl_2$	염화수소를 포함하는 기체	석유	–
Al_2O_3	중성의 모든 기체와 HI, HBr	–	SO_2, Cl_2
$Mg(ClO_4)_2$	H_2, O_2, N_2, Cl_2, HCl, H_2S, 탄화수소	–	–

22. 몇가지 벤졸동족체들의 물리성질

이름	화학식	녹음점/℃	끓음점/℃	밀도/g·cm^{-3}
벤졸	C_6H_6	5.5	80.4	0.879 0
톨루올	C_6H_5–CH_3	-95.0	110.6	0.866 9
o-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	-25.6	114.4	0.880 2

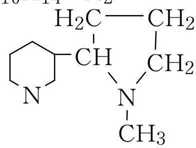
m-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	-47.0	130.1	0.864 1
p-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	13.3	133.4	0.861 0
에틸벤졸	$C_6H_5C_2H_5$	-94.9	136.2	0.866 9
프로필벤졸	$C_6H_5C_3H_7$	-101.0	159.0	0.862 0

신나의 조성(%)

례 1		례 2	
벤졸	25	톨루올	65
에틸알콜	20	초산에틸	20
아세톤	15	초산부틸	5
초산에틸	20	초산아밀	4
초산부틸	20	부틸알콜	5
		에테르	1

23. 유기화합물의 성질

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
글리세린	$\underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH_2}$	17.9 290	무한히 용해	벤졸에 용해되지 않음	용해되지 않음
글리코겐(동물농마)	$(C_6H_{10}O_5)_n$	240 -	용해	용해되지 않음	용해되지 않음
에틸렌글리콜(에탄디올-1,2)	$HOCH_2-CH_2OH$	-15.6 197.4	무한히 용해	무한히 용해	1.0
나프탈린	$C_{10}H_8$	80.2 217.9	0.003 (25℃)	9.5 (19.5℃)	쉽게 용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
노난(*n*)	CH_3-$(CH_2)_7$-CH_3	-53.7 150.5	용해되지 않음	절대알콜에 용해	용해
뇨소	NH_2CONH_2	132.7 분해	100 (17℃)	20 (20℃)	용해되지 않음
니코틴	$C_{10}H_{14}-N_2$ 	<-10 246	무한히 용해	쉽게 용해	쉽게 용해
니트로 벤졸	C_6H_5-NO_2	5.6~ 5.7 210.9	0.2	쉽게 용해	용해, 벤졸에 무한히 용해
니트로조 벤졸	C_6H_5-NO	67.5~ 68.0 57~59	용해되지 않음, 암모니아수에 용해되지 않음	용해	리그로인에 적게 용해
니트로 톨루올(*o*-)	CH_3-C_6H_4-NO_2	-10.6 222.3	적게 용해	쉽게 용해, 벤졸, SO_2에 용해	쉽게 용해
니트로 톨루올(*m*-)	CH_3-C_6H_4-NO_2	15.5 230	잘 용해되지 않음	8.6 (15℃)	쉽게 용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
니트로톨루올(*p*-)	CH_3-C_6H_4-NO_2	51.9 237.7	0.004 (15℃)	용해, 벤졸에 용해	80.8 (15℃)
니트로아닐린(*o*-)	NO_2-C_6H_4-NH_2	71.5 -	열주면 용해	쉽게 용해	쉽게 용해
니트로아닐린(*m*-)	NO_2-C_6H_4-NH_2	114 1 285	0.11 (20℃)	7.1 (20℃)	7.9 (20℃)
니트로아닐린(*p*-)	NO_2-C_6H_4-NH_2	146 -	0.08 열주면 2.2	5.8 (20℃)	6.1 (20℃)
니트로에탄	CH_3CH_2-NO_2	-90 114.8	4.5 (20℃) 산, 알카리에 용해	무한히 용해, 클로로포름에 용해	무한히 용해
니트로에틸렌	CH_2=CH-NO_2	- 98.5	-	-	-
디니트로벤졸(*o*-)	$(NO_2)_2C_6H_4$	117~118 319	0.01 (찬물)	1.9	벤졸 5.7
디니트로벤졸(*m*-)	$(NO_2)_2C_6H_4$	89.8 300	0.3 (99℃)	절대알콜에 3.3 (20℃)	벤졸에 39.5
디니트로벤졸(*p*-)	$(NO_2)_2C_6H_4$	173~174 297	0.18 (100℃)	0.18 (21℃)	벤졸에 316 (18℃)

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
디니트로톨루올 (2,3)	$(NO_2)_2C_6H_3CH_3$	61~63 −	−	−	−
디니트로톨루올 (2,4)	$(NO_2)_2C_6H_3CH_3$	70 300 (약간 분해)	0.03 (22℃)	1.2 (15℃)	9 (15℃) 벤졸에 용해
디니트로톨루올 (2,5)	$(NO_2)_2C_6H_3CH_3$	52.5 −	벤졸에 쉽게 용해	쉽게 용해	CS_2에 쉽게 용해
디니트로톨루올 (2,6)	$(NO_2)_2C_6H_3CH_3$	66 −	−	용해	−
디니트로톨루올 (3,4)	$(NO_2)_2C_6H_3CH_3$	60~61 −	용해되지 않음	CS_2에 2.2 (17℃)	−
디니트로톨루올 (3,5)	$(NO_2)_2C_6H_3CH_3$	92~93 승화	잘 용해되지 않음	열주면 용해, 클로로포름, 벤졸에 용해	용해
디니트로페놀 (2,3)	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	144~145 −	잘 용해되지 않음	열주면 쉽게 용해	쉽게 용해

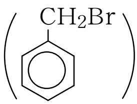
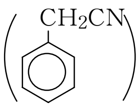
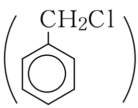
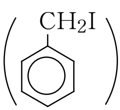
이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
디니트로페놀 (2,4)	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	114~115 승화	찬물 0.5 열주면 5	4.20 벤졸에 용해, 클로로포름에 용해	열주면 쉽게 용해
디니트로페놀 (2,5)	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	104 –	잘 용해되지 않음	열주면 쉽게 용해, 알카리 용액에 용해	용해
디니트로페놀 (2,6)	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	63~64 –	열주면 용해	열주면 용해, 벤졸에 용해	용해, 클로로포름에 용해
디니트로페놀 (3,4)	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	134 –	쉽게 용해	쉽게 용해	쉽게 용해
디니트로페놀 (3,5)	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	123 –	–	쉽게 용해, 클로로포름에 용해	쉽게 용해 석유에테르에 잘 용해되지 않음
디니트로아닐린 (2,3)	$(NO_2)_2C_6H_3\text{-}NH_2$	127 –	–	열주면 용해	–

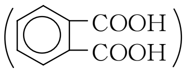
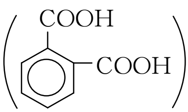
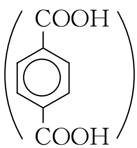
이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
디니트로아닐린 (2,4)	$(NO_2)_2C_6H_3-NH_2$	187~188 -	열주면 극히 적게 용해	0.7621	열주면 HCl에 적게 용해
디니트로아닐린 (2,5)	$(NO_2)_2C_6H_3-NH_2$	137 -	-	쉽게 용해	-
디니트로아닐린 (3,4)	$(NO_2)_2C_6H_3-NH_2$	154 -	-	쉽게 용해	용해
디니트로아닐린 (3,5)	$(NO_2)_2C_6H_3-NH_2$	159~160 -	벤졸에 적게 용해	용해	용해
디클로로프로판	$C_2H_5-CHCl_2$	- 87	극히적게 용해	용해	-
디클로로프로판 (1,2)	$ClCH_2-CHCl-CH_3$	<-70 96.8	0.27 (20℃)	쉽게 용해	쉽게 용해
디클로로프로판 (1,3)	$ClCH_2-CH_2-CH_2Cl$	- 123.5	0.27 (25℃)	용해	용해
디클로로프로판 (2,2)	$(CH_3)_2CCl_2$	-34.6 69.7	용해되지 않음	용해	CS_2에 용해
디에틸케톤	$(C_2H_5)_2CO$	-42 101.7	4	무한히 용해	무한히 용해

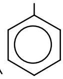
이름	화학식	녹음점 /℃	용해성		
		끓음점 /℃	물	알콜 및 기타 용매	에테르
메탄	CH_4	-184 -161.5	9mL (20℃)	60mL	91mL (20℃)
브롬화 메틸렌 (디브로모에탄)	CH_2Br_2	-52.8 98.5	1.173 (30℃)	용해, 아세톤에 용해	용해
염화메틸렌 (디클로로메탄)	CH_2Cl_2	-96.7 40~41	2.2 (0℃)	무한히 용해	무한히 용해
요드화메틸렌(디요도메탄)	CH_2I_2	5.7 180 (분해)	1.6 (0℃)	용해	용해
불화메틸	CH_3F	-141.8 -78.2	166 (15℃)	쉽게 용해	쉽게 용해
메틸적	$HOOC-C_6H_4N=NC_6H_4N-(CH_3)_2$	179~183 -	극히 적게 용해	용 해	초산 용해
메틸아민	CH_3N-H_2	-92.5 -6.5	959 (25℃)	용 해	용해
메틸아민 염산염	$CH_3NH_2 \cdot HCl$	226~228 225~230	쉽게 용해	열주면 용해	용해되지 않음
메틸아세틸렌 (알릴렌)	$CH_3C\equiv CH$	-104.7 -27	용해	쉽게 용해	쉽게 용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
염화메틸	CH_3Cl	-97.7 -24	400	3 500 (20℃)	용해
메틸 오렌지	$(CH_3)_2N \cdot C_6H_4 \cdot N= NC_6H_4 \cdot SO_3Na$	- -	0.2	용해되지 않음	-
요드화 메틸	CH_3I	-64.4 42.4	1.8 (15℃)	무한히 용해	무한히 용해
멜라민	$C_3N_3(NH_2)_3$	250 승화	열주면 용해	열주어도 잘 용해되지 않음	용해되지 않음
부타디엔 (1,2)	$CH_3-CH=C\equiv CH_2$	- 18~19	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
부타디엔 (1,3) (디비닐)	$CH_2=CH-CH\equiv CH_2$	108.9 -4.41	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
부탄(*n*)	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	-135 -0.6	15	1 883	2 980
부탄(이소)	$(CH_3)_3CH$	-145 -10	13	1 320	2 790
브롬화 부틸(*n*)	$C_2H_5-CH_2-CH_2Br$	-112.4 100.4	0.06 (16℃)	무한히 용해	무한히 용해
브롬화 부틸(이소)	$(CH_3)_2CH-CH_2Br$	-118.5 91.5	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
염화 부틸(*n*)	C_2H_5-CH_2-CH_2Cl	-131 77.6	0.07 (12.5℃)	무한히 용해	무한히 용해
염화부틸 (이소)	$(CH_3)_2CH$-CH_2Cl	-131.2 68.9	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
요드화 부틸(*n*)	C_2H_5-CH_2-CH_2I	-103.5 129.9	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
요드화 부틸(이소)	$(CH_3)_2CH$-CH_2I	-90.7 120	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
부틸렌 (β)	CH_3-$CH=CH$-CH_3	127 0.3	-	용 해	-
부틸렌 (α)	CH_3-CH_2-$CH=CH_2$	-130 -5	용해되지 않음	쉽게 용해	-
벤졸	C_6H_6	5.4~ 5.5 80.1	0.07 (20℃)	절대알콜에 무한히 용해	무한히 용해
불화비닐	$CH_2=CHF$	- -51	용해되지 않음	400 (20℃)	아세톤에 550 (20℃)
브롬화 비닐	$CH_2=CHBr$	-138 15.8	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
비닐아민	$CH_2=CH$-NH_2	- 56	-	용해	-

이름	화학식	녹음점 /℃	용해성		
		끓음점 /℃	물	알콜 및 기타 용매	에테르
염화비닐	$CH_2=CHCl$	-100 -12	용해되지 않음	용해	쉽게 용해
요드화 비닐	CH_2CHI	– 56	–	–	–
브롬화 벤질	$C_6H_5-CH_2-Br$ 	-4 198~199	용해되지 않음, 약간 분해	무한히 용해	무한히 용해
시안화 벤질	$C_6H_5-CH_2-CN$ 	-23.8 233~234	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
염화벤질	$C_6H_5-CH_2-Cl$ 	-39 179.4	용해되지 않음	무한히 용해, 삼염화메틸에 무한히 용해	무한히 용해
요드화 벤질	$C_6H_5-CH_2-I$ 	24.1 93	용해되지 않음	용해	용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
프로피온산	CH_3-CH_2-COOH	-22 141.1	무한히 용해	무한히 용해, 클로로포름에 무한히 용해	무한히 용해
프탈산(*o*-)	$C_6H_4(COOH)_2$ 	191 -	0.54 (14℃)	절대알콜에 용해	0.68 (15℃)
프탈산(*m*-) (이소프탈산)	$C_6H_4(COOH)_2$ 	347 승화	0.01 (25℃)	용해, 초산에 용해	석유, 에테르에 용해되지 않음
프탈산(*p*-) (테레프탈산)	$C_6H_4(COOH)_2$ 	300℃ 이상 (승화) -	0.001	열주면 적게 용해	알카리에 용해되지 않음
안식향산	C_6H_5COOH	121.7 (승화) 249.2	0.21	절대알콜에 46.6 (15℃)	66 (15℃)
아크릴산	$CH_2=CH-COOH$	12.3~13 141~142	무한히 용해	무한히 용해	-

이름	화학식	녹음점/℃	끓음점/℃	용해성: 물	용해성: 알콜 및 기타 용매	용해성: 에테르
올레인산	$CH_2(CH_3)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	14	285~286	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
올레인산 나트리움염	$NaC_{18}H_{33}O_2$	232~235	-	10 (12℃)	-	알콜에 10(32℃)
아닐린	$C_6H_5{-}NH_2$	-6	184	3.6 (18℃)	무한히 용해	무한히 용해
아닐린 염산 (아닐린 염산염)	$C_6H_5{-}NH_2 \cdot HCl$ ($NH_2{\cdot}HCl$ )	198	245	18 (15℃)	용해	용해되지 않음
브롬화 아세틸	$CH_3CO \cdot Br$	-96.5	76	분해	분해, 벤졸에 무한히 용해	클로로포름에 무한히 용해
염화아세틸	$CH_3CO \cdot Cl$	-112.0	51~52	분해	분해, 벤졸에 무한히 용해	클로로포름에 무한히 용해

이름	화학식	녹음점/℃ 끓음점/℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
아세톤 (프로파논)	$CH_3-C(=O)-CH_3$	-94.6 56.5	무한히 용해	무한히 용해	무한히 용해
아조벤졸	$C_6H_5-N=N-C_6H_5$	68 297	용해되지 않음	4.2 (20℃)	리그로인 12 (20℃)
안트라센	$(C_6H_4CH)_2$	217~218 354~355	용해되지 않음	0.076 (16℃)	1.189, 벤졸, 클로로포름에 용해 (1.767)
알라닌 (α) (dL)	$CH_3CH(NH_2)-COOH$	295 (분해) (승화>200)	21.7 (17℃)	80% 랭 0.2	용해되지 않음, 아세톤에 용해되지 않음
알라닌 (α) (L^+) (α-아미노프로피온산)	$CH_3CH(NH_2)-COOH$	297 (분해) -	20.5 (45℃)	극히 적게 용해	용해되지 않음

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
알라닌 (β) (β -아미노프로피온산)	$NH_2CH_2-CH_2-COOH$	196 (분해) –	쉽게 용해	극히 적게 용해	용해되지 않음
알릴렌 (메틸아세틸렌)	$CH_3C\equiv CH$	-104.7 -23.3	잘 용해되지 않음	쉽게 용해	2 142mL (16℃)
브롬화 알릴	$CH_2=CH-CH_2-Br$	-119.4 70	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
시안화 알릴	$CH_2=CH-CH_2-CN$	-86.8 118~119	–	용해	–
염화알릴	CH_2CH-CH_2-Cl	-136.4 44.6	<0.1	무한히 용해	무한히 용해
요드화 알릴	$CH_2=CH-CH_2I$	-99.3 102	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
알릴아민	$CH_2=CH-CH_2-NH_2$	– 56.5	무한히 용해	무한히 용해	무한히 용해
알릴 아세톤	$C_3H_5-CH_2-CO-CH_3$	– 129	용해되지 않음	–	–

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
알렌 (프로파디엔)	CH_3=C=CH_2	-146 -32	-	-	-
부틸 알콜(*n*)	C_4H_9OH	-79.9 117	9 (15℃)	무한히 용해	무한히 용해
헥실 알콜(*n*)	$C_6H_{13}OH$	-51.6 157.2	0.6 (20℃)	무한히 용해	무한히 용해
아밀 알콜(*n*)	$CH_3(CH_2)_4OH$	- 137.8	2.7 (22℃)	무한히 용해	무한히 용해
에틸알콜	CH_3CH_2OH	-114.4 78	무한히 용해	무한히 용해	무한히 용해
알릴알콜	CH_2=CH-CH_2OH	-129 96.6	무한히 용해	무한히 용해	무한히 용해
요도 벤졸	C_6H_5I	-28.5 188.6	용해되지 않음	용해, 클로로포름에 무한히 용해	무한히 용해
초산비닐에스테르 (비닐아세탈)	CH_3CO_2CH=CH_2	-60 72~73	2 (20℃)	무한히 용해	무한히 용해
에탄	CH_3-CH_3	-172 -88.6	4.7mL (20℃)	절대알콜에 150mL	-

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
브롬화 에틸	C_2H_5Br	-117 38.4	1.06 (0℃)	무한히 용해	무한히 용해
에틸 벤졸	C_6H_5-C_2H_5	-94.4 136.2	0.01 (15℃)	암모니아수에 용해되지 않음	무한히 용해, SO_2에 용해
염화 에틸	C_2H_5Cl	-138.7 12.2	0.57	48.3	무한히 용해
크레졸 (*o*-)	CH_3-C_6H_4-OH	30.8 190.8	2.5	무한히 용해	무한히 용해
크레졸 (*m*-)	CH_3-C_6H_4-OH	10.9 202.8	0.5	무한히 용해	무한히 용해
크레졸 (*p*-)	CH_3-C_6H_4-OH	35~36 202	1.8	무한히 용해	무한히 용해
클로로 벤졸	C_6H_5Cl	-45.2 132.1	용해되지 않음, 벤졸에 무한히 용해	무한히 용해, 벤졸에 무한히 용해	무한히 용해
사염화 탄소	CCl_4	-22.6 76.8	0.097 (0℃)	무한히 용해	무한히 용해
톨루올 (메틸 벤졸)	$CH_3C_6H_5$	-95 110.8	-	절대알콜에 무한히 용해, 아세톤에 용해	무한히 용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성 물	용해성 알콜 및 기타 용매	용해성 에테르
트리니트로벤졸 (1,2,3)	$(NO_2)_3C_6H_3$	127.5 -	용해되지 않음	열주면 용해	-
트리니트로벤졸 (1,3,5)	$(NO_2)_3C_6H_3$	121 분해	찬물에 0.04	1.9 (17.5℃)	1.5 (17.5℃)
트리니트로벤졸 (1,2,4)	$(NO_2)_3C_6H_3$	61~62 -	-	5.5 (15.5℃)	7.1 (15.5℃)
트리니트로톨루올 (2,4,6)	$(NO_2)_3C_6H_2CH_3$	81~82 280 (폭발)	0.15 (열줄 때)	1.5 (22℃)	5 (33℃)
프로판	$CH_3-CH_2-CH_3$	-187.1 -42.2	6.5mL (18℃)	790mL (17℃)	926mL (17℃)
프로필에틸렌 (펜텐-1)	$C_2H_5-CH_2-CH=CH_2$	- 30~31	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
프로필렌 (프로펜)	$CH_3-CH=CH_2$	-185.2 -47	44.6mL	1250mL	초산에 524.5mL
페놀	C_6H_5OH	42~43 181.4	8.2	무한히 용해	무한히 용해

이름	화학식	녹음점 /℃ 끓음점 /℃	용해성		
			물	알콜 및 기타 용매	에테르
펜탄(*n*)	$CH_3(CH_2)_3$	-129.7 36.3	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
펜탄(이소)	$(CH_3)_2CH\text{-}C_2H_5$	-160.0 27.95	용해되지 않음	무한히 용해	무한히 용해
네오펜탄	$(CH_3)_4C$	-200 9.5	용해되지 않음	용해	용해

찾아보기

(ㄱ)

(ㄴ)

(ㄷ)

(ㄹ)

(ㅁ)

(ㅂ)

(ㅅ)

(ㅈ)

(ㅊ)

(ㅋ)

(ㅌ)

(ㅍ)

(ㅎ)

(ㅇ)

화학편람 (중학생용)

집 필 교수 박사 박정수,
박사 임진숙,
리대형, 차길복,
황동일, 양호준,
김미란, 리정호

심 사 교수 박사 조광원,
교수 박사 오흥걸,
김수영, 리석진

편 집 신현실, 박경철

콤퓨터편성 김승옥, 김광영

장 정 김광영, 김승옥

교 정 리분희, 김옥화

낸 곳 교육도서출판사

인쇄소 교육도서인쇄공장

인 쇄 주체100(2011)년 11월 1일

발 행 주체100(2011)년 11월 11일

교- 11-보-408